

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

Návrh upínacího stolu pro svařování rámu jízdních kol

Design of a Fastening Table for Welding of Bicycle Frames

Student: Martin Slovják

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Patrik Sniehotta, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra částí a mechanismů strojů

## Zadání bakalářské práce

Student: **Martin Slovják**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**  
Specializace: **40 Konstrukce strojních dílů a skupin**  
Téma: **Návrh upínacího stolu pro svařování rámců jízdních kol**  
**Design of a Fastening Table for Welding of Bicycle Frames**  
Jazyk vypracování: **čeština**

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je navrhnout přípravek pro svařování rámců jízdního kola. Rám kola se skládá z velkého množství různých trubek ze slitin hliníku (6061 nebo 7005). Při výrobě rámu je potřeba jednotlivé trubky k sobě přivařit s co největší přesností, aby byla zajištěna sériovost výroby a snížily se nároky na následnou korekci výrobních odchylek.

### Požadavky:

- upnutí všech trubek najednou
- možnost otáčení (překlápění) celé upnuté konstrukce rámu pro snazší svařování
- možnost jednoduchého přestavení stolu pro jinou velikost, popř. typ rámu
- maximální využití normovaných a nakupovaných dílů
- nízké pořizovací náklady a nároky na údržbu.

### Cíle práce:

- konstrukční návrh upínacího stolu
- pevnostní výpočet mechanismu otáčení (překlápění)
- vyhotovení sestavného výkresu upínacího stolu
- vyhotovení jednoho výrobního výkresu ze sestavy upínacího stolu

### Seznam doporučené odborné literatury:

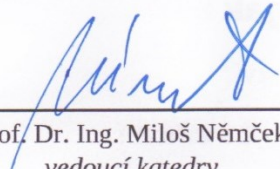
MONKA, Peter a Alena PAULIKOVÁ. *Top trendy v obrábění. IV./VI. část, Upínanie, prípravky a meradlá*. Žilina: Media/ST, 2007. ISBN 80-968954-2-7.  
MINAŘÍK, Václav. *Přehled metod svařování*. 3. aktualiz. vyd. V Ostravě: Zeross, 2011. ISBN 80-86698-18-1.  
DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I: spojovací části strojů*. Ostrava: Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3.  
KŘÍŽ, Rudolf; Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích*. Vyd. 1. Praha: Scientia, 1994, 254 s. ISBN 80-85827-58-1.  
LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 5. upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011, 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4.  
MORAVEC, Vladimír; Jiří HAVLÍK. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005, 64 s. ISBN 80-248-0878-1.  
*Firemní katalogy*

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Patrik Sniehotta, Ph.D.**


Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



---

prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry



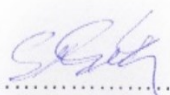
---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

V Ostravě .....15.5.2018.....

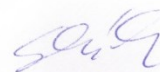
.....  
.....  
podpis studenta

### Prohlašuji, že

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou\*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou\*) práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské\*) práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská\*) práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

15.5.2012



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Slovják

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Ostrava, Nová Bělá, Petrovských 473/1

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

SLOVJÁK, M. *Návrh upínacího stolu pro svařování rámu jízdních kol: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2018, 53 s. Vedoucí práce: Sniehotta, P.

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí přípravku pro svařování rámu jízdních kol. V první části jsou popsány důležité části jízdního kola, ovlivňující konstrukci přípravku. Další částí je popis samotné konstrukce svařovacího přípravku. Následuje vysvětlení způsobu upínání jednotlivých trubek. V závěru práce je uvedena cenová kalkulace. Práce obsahuje přílohy v podobě sestavného výkresu přípravku a jednoho výrobního výkresu.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

SLOVJÁK, M. *Design of a Fastening Table for Welding of Bicycle Frames: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2018, 53 p. Thesis head: Sniehotta, P.

Bachelor thesis is dealing with mechanical design of fastening table for welding of bicycle frames. In the first part are described important bicycle parts, affecting the design of the fastening table. Next part contains description of fastening frame itself. Explanation of fastening each tube is in the following part of thesis. Financial calculation is included at the end of thesis. Thesis contains enclosure with drawings of final fastening design assembly and one production drawing.

# Obsah

|      |                                       |    |
|------|---------------------------------------|----|
| 1.   | Možnosti vyráběných rámu .....        | 9  |
| 1.1. | Materiál .....                        | 9  |
| 1.2. | Zpracování trubek .....               | 12 |
| 1.3. | Popis jednotlivých součástí .....     | 13 |
| 2.   | Používané svařovací přípravky .....   | 19 |
| 2.1. | Dřevěný svařovací přípravek .....     | 19 |
| 2.2. | Přípravek z hliníkových profilů ..... | 19 |
| 2.3. | Anvil Bikeworks .....                 | 20 |
| 2.4. | Henry James Bicycles .....            | 21 |
| 3.   | Konstrukce rámu .....                 | 22 |
| 3.1. | Důležité části .....                  | 23 |
| 3.2. | Kostra .....                          | 25 |
| 3.3. | Otáčení .....                         | 28 |
| 3.4. | Pomocné rameno .....                  | 31 |
| 3.5. | Přídavné upínací prvky .....          | 32 |
| 4.   | Upínání .....                         | 36 |
| 4.1. | Hlavová trubka .....                  | 36 |
| 4.2. | Střed .....                           | 38 |
| 4.3. | Sedlová trubka .....                  | 39 |
| 4.4. | Horní rámová trubka .....             | 40 |
| 4.5. | Spodní rámová trubka .....            | 42 |
| 4.6. | Zadní patky .....                     | 43 |
| 4.7. | Řetězová vzpěra .....                 | 44 |
| 4.8. | Sedlová vzpěra .....                  | 45 |
| 5.   | Finanční kalkulace .....              | 47 |
| 6.   | Literatura .....                      | 49 |
| 7.   | Seznam příloh .....                   | 52 |

## Seznam použitých značek a symbolů

| Značka            | Popis   | Jednotka             |
|-------------------|---|----------------------|
| $a$               | velikost svaru                                | [mm]                 |
| $b$               | konstrukční rozměr                            | [mm]                 |
| $c$               | konstrukční rozměr                            | [mm]                 |
| $d_{2,M8}$        | střední průměr závitu M8                      | [mm]                 |
| $d_3$             | malý průměr závitu                            | [mm]                 |
| $d_{\check{c}}$   | průměr čepu                                   | [mm]                 |
| $d_{o\check{c}}$  | průměr osazení čepu                           | [mm]                 |
| $f$               | součinitel tření mezi čepem a svěrkou         | [-]                  |
| $f_{AlAl}$        | součinitel tření hliník-hliník                | [-]                  |
| $f_{ZAlFe}$       | součinitel tření v závitech (hliník-ocel)     | [-]                  |
| $f_{ZFeFe}$       | součinitel tření v závitech (ocel-ocel)       | [-]                  |
| $g$               | gravitační zrychlení                          | [m.s <sup>-2</sup> ] |
| $k$               | bezpečnost                                    | [-]                  |
| $k_{pz}$          | součinitel pro přídatné zatížení              | [-]                  |
| $l$               | rameno síly                                   | [mm]                 |
| $l_{min}$         | minimální délka svěrky                        | [mm]                 |
| $m_{ur}$          | hmotnost upínacího přípravku včetně rámu kola | [kg]                 |
| $n$               | součinitel bezpečnosti pro svarové spojení    | [-]                  |
| $p_{Ds}$          | dovolený tlak mezi svěrkou a čepem            | [Pa]                 |
| $p_D$             | dovolený tlak ve styčných plochách            | [Pa]                 |
| $p_k$             | dovolený tlak ve styčných plochách kamene     | [Pa]                 |
| $F_{o,max}$       | maximální osová síla                          | [N]                  |
| $F_{o,sv}$        | osová síla v závitu u svěrky                  | [N]                  |
| $F_{o,\check{s}}$ | osová síla ve šroubu                          | [N]                  |
| $F_S$             | střížná síla                                  | [N]                  |
| $F_{Tp}$          | třecí síla proti pohybu kamene                | [N]                  |
| $F_{Tsv}$         | třecí síla proti pohybu svěrky                | [N]                  |
| $G_{ur}$          | tíha upínacího přípravku včetně rámu kola     | [N]                  |
| $M_{u,\check{s}}$ | utahovací moment šroubu                       | [N.m]                |
| $M_{u,sv}$        | utahovací moment matice svěrky                | [N.m]                |
| $M_k$             | krouticí moment                               | [N.m]                |
| $M_{u,sv}$        | utahovací moment svěrky                       | [N.m]                |
| $N$               | normálová síla                                | [N]                  |
| $P_{M8}$          | rozteč závitu M8                              | [mm]                 |
| $R_e$             | Mez elasticity                                | [Pa]                 |
| $S_{OK}$          | otlačovaná plocha kamene                      | [mm <sup>2</sup> ]   |
| $S_S$             | střížná plocha                                | [mm <sup>2</sup> ]   |
| $W_o$             | průřezový modul v ohybu                       | [mm <sup>3</sup> ]   |
| $W_{osv}$         | průřezový modul v ohybu svaru                 | [mm <sup>3</sup> ]   |



|                      |  |                    |
|----------------------|--|--------------------|
| $W_{ksv}$            | průřezový modul v krutu svaru                | [mm <sup>3</sup> ] |
| $\alpha$             | úhel profilu závitu                          | [°]                |
| $\alpha_{\tau\perp}$ | převodní součinitel pro koutový svar – čelní | [-]                |
| $\alpha_{\tau  }$    | převodní součinitel pro koutový svar – boční | [-]                |
| $\beta$              | součinitel tloušťky koutového svaru          | [-]                |
| $\sigma_{Dt}$        | dovolené napětí v tahu                       | [Pa]               |
| $\sigma_o$           | ohybové napětí                               | [Pa]               |
| $\sigma_{Kr}$        | mez kluzu v tahu                             | [Pa]               |
| $\tau_{  }$          | smykové napětí rovnoběžné se svarem          | [Pa]               |
| $\tau_{\perp}$       | smykové napětí kolmé na svar                 | [Pa]               |
| $\tau_s$             | smykové napětí v ohybu                       | [Pa]               |
| $\tau_{sv}$          | smykové napětí ve svaru                      | [Pa]               |

# Úvod

Tématem této práce je návrh upínacího přípravku, sloužícího pro svařování rámu jízdních kol.

Svařovací přípravek je koncipován jako modulární. To znamená, že poskytuje možnost upnutí téměř jakéhokoli typu rámu. V této práci je zpracováno řešení pro rám elektrokola se středovým pohonem a řemenovým převodem. Samotný rám umožňuje jednoduchou přestavbu pro upnutí klasických rámu se standardní středovou mufnou, a to jak silniční, tak i ostatních. Popis samotné úpravy bude specifikován později. Rám je tedy schopen pomoci při výrobě celého spektra cyklistických rámu všech velikostí a provedení.

Základní kostru rámu tvoří hliníkový stavebnicový systém. Pro dosažení vyšší tuhosti jsou použity profily bez odlehčení. Použití těchto profilů umožňuje možnost posunutí jednotlivých částí ve velkém rozsahu pohybu. Jsou tak pro zamýšlené využití vhodné. Zároveň použití hliníku znamená redukci celkové hmotnosti přípravku. Prvky, které nepatří do stavebnického systému, budou vyrobeny z oceli. Ocel je v této práci použita z důvodu snížení ceny. Alternativně lze použít hliník pro dosažení nižší hmotnosti. Pro snadnější přístup k některým svarům je přípravek opatřen otočným čepem. Je tak možné celým přípravkem otáčet.

Samotné upínání a nastavování rámu je vždy nutné doplnit o měření, především sklonu. K tomuto je užíváno digitálního sklonoměru. Pro rychlejší nastavování úhlů a vzdáleností jsou některé části opatřeny nalepovací stupnicí.

## Cíle

- Konstrukční návrh upínacího stolu
- Pevnostní výpočet mechanismu otáčení (překlápění)
- Vyhotovení sestavného výkresu upínacího stolu
- Vyhotovení jednoho výrobního výkresu ze sestavy upínacího stolu

# 1. Možnosti vyráběných rámu

Jízdní kola se používají k nejrůznějším účelům, od pohybu ve městě až po sjezd příkrých stezek v horách. Každý druh ježdění vyžaduje jinou konstrukci rámu, nosného prvku celého kola. Tato kapitola se snaží popsat hlavní aspekty a rozdíly v konstrukci rámu jízdních kol.

## 1.1. Materiál

Nejčastěji používanými materiály jsou ocel, hliník a titan, případně uhlíkové kompozity. Každý typ materiálu vyniká jinými pozitivními i negativními vlastnostmi pro použití při výrobě rámu jízdních kol. Uhlíkové kompozity nejsou v této zprávě zahrnuty. Nejedná se totiž o rámy vyráběné metodou svařování.

### Slitiny hliníku

Rámy vyrobené ze slitin hliníku jsou pravděpodobně nejčastější v moderním cyklistickém průmyslu. Hliníkové slitiny jsou rovněž používány pro nejrůznější komponenty, jako například – řídítka, sedlovky, představce a další. Hliník jako materiál vyniká svou nízkou hustotou. Jeho ostatní mechanické vlastnosti umožňují jeho jednoduché tváření. Zároveň je díky nízké hustotě i lehký. Rámy vyrobené z hliníkových slitin jsou poměrně levné na výrobu. Poskytují dobrý poměr pevnosti a hmotnosti. Oproti oceli mají vyšší korozivzdornost. Nevýhodou je složitost případných oprav, kdy je potřeba zajistit opětovné tepelné zpracování po svaření. Druhou poměrně velkou nevýhodou je nižší odolnost vůči únavě.

#### 6061

Slitina hliníku označovaná kódem 6061 je v cyklistickém průmyslu velmi rozšířená. Kromě výroby rámu se využívá i při výrobě ostatních komponent kola. Jedná se například o řídítka, představce, sedlovky a další. Má dobré mechanické vlastnosti, dobrou svařitelnost a snadno se obrábí. Často se používají duralové trubky ve stavu po tepelném zpracování T6. Po svaření je však potřeba provést umělé stárnutí, kdy je proces návratu na původní mechanické vlastnosti nutno dosáhnout ohřevem. Toto omezuje i následné opravy rámu, protože je potřeba zajistit opětovné umělé stárnutí.

#### 7005

Slitina 7005 je obvykle používána pro levnější cyklistické rámy. V závislosti na aplikaci však může být použita i pro jiné aplikace. Poměrně snadno se dá svařovat. Výhodou je, že nevyžaduje tepelné zpracování po svaření. Proces stárnutí zde probíhá při běžné teplotě.

Má vyšší hustotu při porovnání se slitinou 6061, tedy i nepatrně vyšší hmotnost (asi o 0,08g/cm<sup>3</sup>).

## **7020**

Hliníková slitina 7020 je velmi podobná slitině 7005. Má jen velmi nepatrně jiné složení. Dosahuje o něco vyšší tvrdosti. Slitina 7020 T6 (po tepelném zpracování) dosahuje vyšších mezí pevnosti i kluzu než slitina 6061 T6. Trubky vyrobené ze slitiny 7020 T6 je nutné po výrobě tažením tepelně upravit, a to rozpouštěcím žíháním pro uvolnění vnitřního pnutí a přirozeným stárnutím při pokojové teplotě.<sup>9</sup>

## **Výroba z hliníku**

Nejčastěji jsou rámy ze slitin hliníku spojovány svařováním. Nejběžnější je svařování metodou TIG. Přídavným materiál je stejný jako materiál použitý pro výrobu trubek. Výrobci levných velkosériově vyráběných ráků spoléhají na použití svařovacích robotů, čímž je zajištěna téměř konstantní kvalita svaru po celém obvodu. Nej kvalitnějších svarů lze dnes dosáhnout při ručním svařování, kdy špičkoví svářeči jsou schopni reagovat i na drobné změny v materiálu a zajistit tak ještě lepší kvalitu svaru než roboti. Dodatečně jsou svary na některých modelech broušeny, tak aby byl jejich povrch a napojení na trubky, pokud možno hladký.

## **Ocel**

Ocelové rámy byly dříve téměř jediným materiálem pro výrobu ráků jízdních kol. V současnosti je ocel vytlačována dalšími materiály. U levných kol hliníkovými slitinami. U těch dražších obvykle uhlíkovými kompozity. Využití oceli má stále hned několik výhod. Ve srovnání s hliníkem má delší trvanlivost, vyšší pevnost a lépe pohlcuje rázy. Pokud není použita speciálně legovaná ocel, lze rámy velmi jednoduše opravit ve srovnání s dalšími materiály. Na využití oceli spoléhá většina tzv. touring (cestovních) kol. Ceněná je především odolnost a schopnost pohlcovat vibrace.

## **Hi-Ten**

Zkratka Hi-Ten znamená High Tensile, tedy vysokopevnostní. Tento typ oceli se vyznačuje právě vysokou pevností. Na druhou stranu, rámy z tohoto materiálu jsou vyrobeny z tlustších trubek a mají tedy vyšší hmotnost. Není korozivzdorná a je tedy potřeba ji opatřit kvalitní povrchovou úpravou. S klesající cenou hliníkových slitin se postupně ustupuje od používání Hi-Ten oceli. Stále se však hojně používá u velmi levných kol, kde hmotnost nehraje příliš roli. Kromě ráků jsou z této oceli vyráběny například i vidlice.

## Cr-Mo

Chrom-molybdenová ocel, zkráceně Cr-Mo cílí na vyšší cenovou skupinu. Jedná se o korozivzdornou ocel. Je vyhledávána jednak z osobní sympatie k oceli, jednak pro své mechanické vlastnosti. Obvykle jsou trubky vyrobené z Cr-Mo oceli tzv. zeslabovány. Proces je obdobný jako u slitin hliníku. Výhodou této oceli, oproti hliníku, je lepší pohlcování rázů a vibrací. Vede tak k vyššímu komfortu jízdy. Zároveň se dá snadněji opravit v případě poškození.

## Výroba z oceli

Stejně jako hliník i ocel je možné svařovat. Alternativou ke klasickému svařování je pájení. Nejčastějším přídatným materiálem je pak mosaz. Mohou to však být i jiné slitiny.

## Titan

Rámy, vyrobené z titanu, vyrábí pouze malé množství výrobců. Titan má podobné mechanické vlastnosti jako ocel, ale při zhruba poloviční hmotnosti. Jedná se stále o drahý materiál, což brání jeho masovému rozšíření. Chová se jinak než například slitiny hliníku, což musí být zohledněno při návrhu samotného rámu. Jedná se především o poměrně velké pružné deformace, které mohou být jak přínosem, tak problémem. Titanový rám velmi dobře pohlcuje rázy a z dosavadních zkušeností se zdá, že jeho materiálová únava je podstatně nižší než u jiných materiálů. Dobře odolává korozi. Pro svařování titanu je potřeba speciální ochranná atmosféra a je potřeba dodržet přesný technologický postup.<sup>10 11</sup>



Obrázek 1.1 – svařování titanu<sup>15</sup>

## 1.2. Zpracování trubek

Pro lepší využití materiálu jsou trubky upraveny různými technologiemi. Nejčastěji používané jsou zeslabování a hydroforming. U nejlevnějších kol se můžeme setkat i s klasickými trubkami bez jakýchkoliv úprav.

### Zeslabování

Při výrobě rámu jízdních kol je hojně využívána technologie zeslabování. Jedná se o proces, jehož výsledkem je různá tloušťka stěny trubky. V závislosti na výsledné ceně rámu bývá použito jedno, dvoj nebo trojitě zeslabování. Případně u velmi levných rámu nejsou trubky zeslabovány vůbec.

Samotná výroba zeslabovaných trubek v sobě zahrnuje válcování za tepla a tažení za studena, které je opakováno, dokud není dosaženo požadovaných rozměrů. Pro dosažení požadovaného vnějšího průměru trubky slouží série průvlaků. Uvnitř trubky je umístěn trn, jehož rozměry definují budoucí tvar trubky. Na konci formování je tento trn „uvězněn“ uvnitř trubky. Pro jeho vytažení je potřeba jeden konec rozšířit a následně trn vytáhnout. Celý proces výroby končí opětovným průchodem skrz průvlak, který opět zformuje rozšířený konec trubky.<sup>8</sup>

Nezeslabované trubky mají stejný průřez v celé své délce. To znamená, že v každém místě má stejnou tuhost. Jejich výroba je nejjednodušší, tím pádem taky nejlevnější.

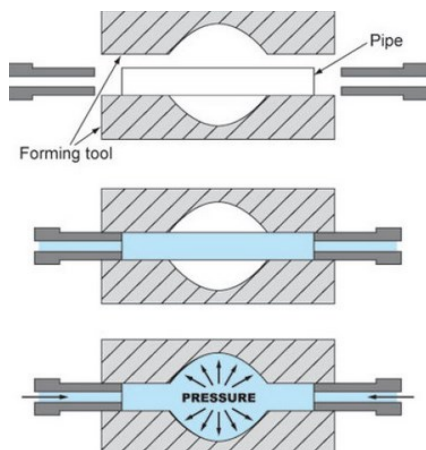
Výhodnější je použití zeslabovaných trubek. Toto zeslabení lépe reflektuje proměnné namáhání jednotlivých částí. Jedno-zeslabované trubky mají na jednom svém konci větší tloušťku stěny. Bývají obvykle použity pro výrobu sedlové trubky. Zesílení je přítomno na straně středovou, kde dochází k vyššímu zatížení. Zároveň na opačné straně je potřeba zachovat stejný vnitřní průměr pro možnost uchycení a zasunutí sedlovky. Dvojitě zeslabované trubky mají zesílenou stěnu na obou koncích. Používají se například pro spodní rámové trubky. Výhodou oproti nezeslabovaným trubkám je snížení hmotnosti při zachování pevnosti a tuhosti v kritických místech. Trojitě zeslabování je obdobou dvojitěho, avšak jsou zde tři tloušťky stěn v rámci jedné trubky. Opět obvykle na koncích. Toto umožňuje další snížení hmotnosti. Jejich výroba je komplikovanější a také dražší.



obr. 1.2 – zeslabování<sup>17</sup>

## Hydroforming

Kromě metody zeslabování mohou být trubky zpracovány procesem hydroformování. Jde o změnu tvaru trubky pomocí formy a tlakové tekutiny. Trubka je umístěna do formy a následně je pomocí vysokotlaké tekutiny natlačena do formy. Tato metoda je používána pro optimalizaci tvaru a zvýšení tuhosti.



obr. 1.3 – hydroforming <sup>18</sup>

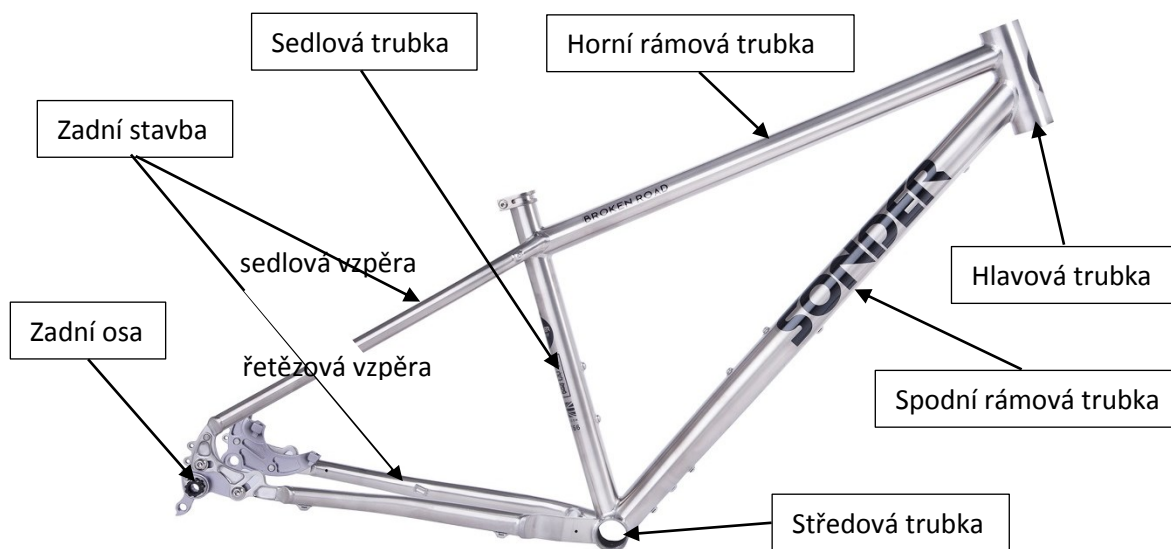
Forming tool – Tvarovací nástroj

Pipe – Trubka

Pressure – Tlak

### 1.3. Popis jednotlivých součástí

Pro správný návrh rámu je potřeba znát také ostatní části, které na něj přímo navazují. Velká část těchto komponent využívá určité standardní rozměry, které je potřeba respektovat.



obr. 1.4 – popis částí rámu kola <sup>23</sup>



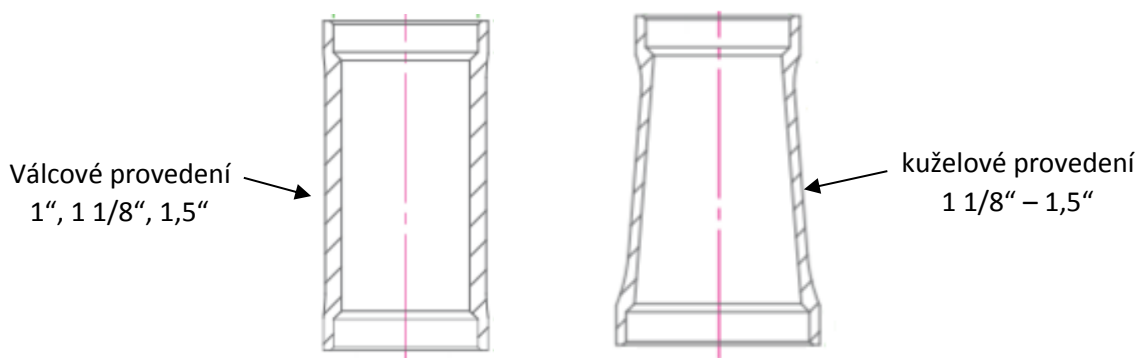
## Hlavová trubka

Hlavová trubka umožňuje montáž vidlice. V závislosti na použitém typu hlavového složení a vidlice můžou být hlavové trubky jak válcové, tak i kuželové. Obvyklé průměry krků vidlic jsou 1", 1 1/8", 1,5" a tzv. tapered (kuželový) 1 1/8" – 1,5".



obr. 1.5 – vidlice <sup>19</sup>

Existuje několik typů a rozměrů hlavových trubek z hlediska vnitřního průměru. Rozměry jsou obvykle standardizovány. Větší průměry na obou koncích hlavové trubky se odvíjí od použitého hlavového složení. Průměr prostřední části poté koresponduje s použitou vidlicí, respektive s průměrem sloupku vidlice. Pro umožnění otáčení vidlice je mezi sloupkem vidlice a hlavovou trubkou drobná vůle.



obr. 1.6 – hlavové trubky <sup>20</sup>

Rovněž důležitý je také úhel ( $\alpha$ ), který svírá hlavová trubka se zemí. Tento úhle značně ovlivňuje chování celého kola. Strmější úhly jsou použity pro silniční kola a kolu dávají rychlejší odezvu na zatáčení. Pro horská kola se liší v závislosti na disciplíně, pro kterou je dané kolo určeno. Kola určená na cross-country (XC) mají hlavový úhel obvykle kolem 70°. Čím více je kolo zaměřeno na sjíždění kopců, tím menší je obvykle hlavový úhel. Menší

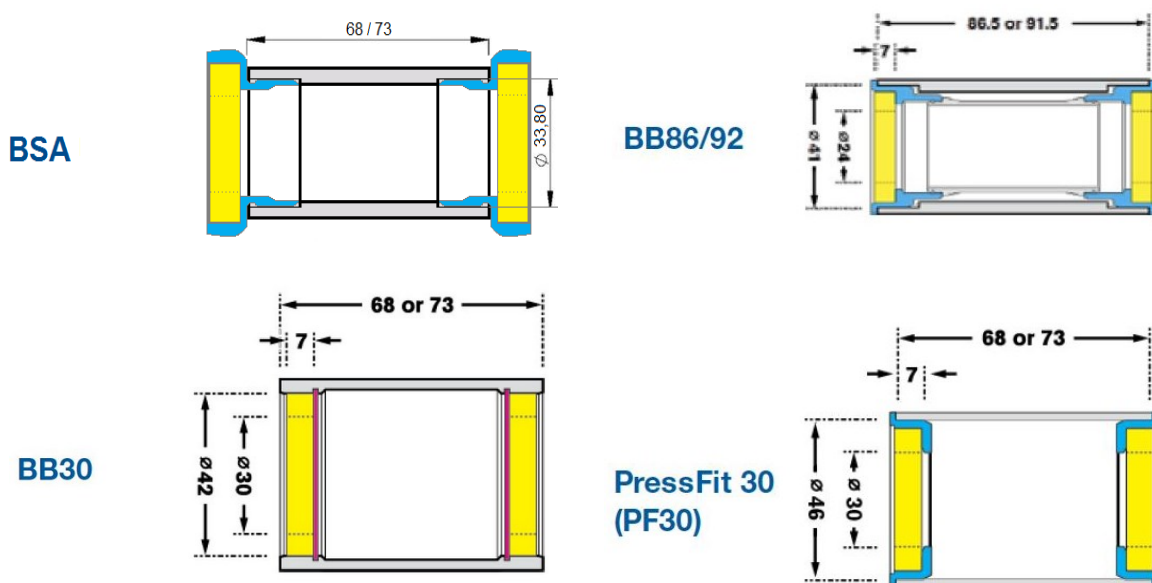
hlavový úhel zajišťuje větší stabilitu zejména ve vyšších rychlostech, zároveň však zhoršuje obratnost v úzkých zatáčkách a malé rychlosti. U sjezdových kol se hlavový úhel může pohybovat až kolem  $60^\circ$ . Je tedy nutné zajistit možnost upnutí všech těchto typů hlavových trubek a nastavení jejich požadovaného úhlu.



obr. 1.7 – hlavový úhel <sup>23</sup>

## Středová trubka

Stejně jako v případě hlavové trubky, i zde existuje několik standardů a provedení. Z konstrukčního hlediska jde hlavně o rozdílnou šířku a způsob namontování středového složení a klik. Používané šířky jsou 68 mm, obvykle pro silniční kola a 73 mm pro kola horská. Mohou být i jiné například v případě tzv. fat biků. Středové složení může být buď lisované nebo šroubované. V případě šroubovaných misek se v současné době u horských kol nejčastěji můžeme setkat s BSA závitem. Dalšími typy jsou nalisovaná BB30, BB86/92, PF30 a další. Průměry středových trubek se pohybují zhruba od 34 mm výše, podle použitého středového složení. <sup>21</sup>



obr. 1.8 – typy uložení středových misek <sup>21</sup>

Elektrokola se středovým pohonem nahrazují celý tento prvek. V jejich případě je použit nosič motoru, ke kterému jsou připevněny ostatní trubky.

## Spodní rámová trubka, horní rámová trubka

Obě trubky, společně se sedlovou a hlavovou trubkou, tvoří základní (přední) trojúhelník. Mohou být vyrobeny nejrůznějších tvarů a velikostí. Za pomoci moderních technologií, jako hydroforming a zeslabování, vznikají velmi tuhé a lehké trubky. Neexistuje žádný standard, a proto jejich upínání musí být řešeno individuálně pro každou velikost a tvar.

## Sedlová trubka

Podobně jako u hlavové trubky je potřeba zajistit upnutí různých průměrů sedlových trubek dodržet jejich úhel pro správnou geometrii. V průběhu času vznikalo velmi velké množství různých průměrů sedlových trubek (tab. 1.1).

tab. 1.1 – vnitřní průměry sedlových trubek <sup>22</sup>

| [mm]  |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 21,15 | 25   | 26   | 27   | 28   | 30   | 31   |
| 22    | 25,4 | 26,2 | 27,2 | 28,6 | 30,2 | 31,2 |
| 22,2  | 25,5 | 26,4 | 27,4 | 28,8 | 30,4 | 31,4 |
| 23,4  | 25,8 | 26,5 | 27,7 | 29   | 30,8 | 31,5 |
| 23,8  |      | 26,6 | 27,8 | 29,2 | 30,9 | 31,6 |
| 24    |      | 26,8 |      | 29,4 |      | 31,8 |
|       |      |      |      | 29,6 |      | 32   |
|       |      |      |      | 29,8 |      | 34,9 |

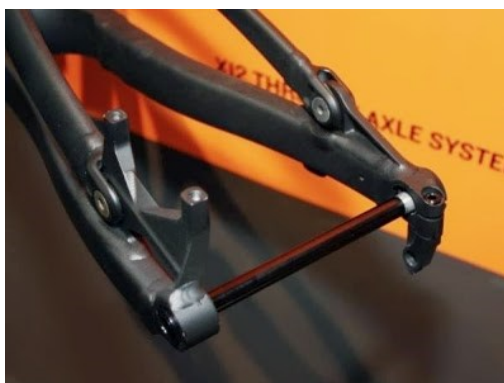
Od konce 20 století dodnes se počet nejčastěji používaných průměrů zúžil na přibližně 10. Jejich výčet je v tab. 1.2

tab.1.2 – nejpoužívanější vnitřní průměry sedlových trubek <sup>22</sup>

| [mm] |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 25   | 26,8 | 27   | 28,6 | 30,9 | 31,6 | 34,9 |
| 25,4 |      | 27,2 |      |      | 31,8 |      |

## Zadní osa

Jednou z dalších standardizovaných věcí na jízdních kolech se stala zadní osa. Samotná osa není součástí rámu, avšak ovlivňuje šířku zadní stavby a provedení patek rámu. V současné době se začíná prosazovat provedení využívající „pevné osy“ a to jak na horských, tak i v omezené míře na silničních kolech. Při tomto provedení už osa není součástí náboje kola, ale dalo by se říct, že je spíše součástí rámu. Klasické otevřené patky rámu jsou v tomto případě uzavřené a osa se skrz jednu prosune a do druhé se obvykle zašroubuje, případně je použito jiné řešení zajištění.



obr.1.9 – pevná osa <sup>14</sup>

Druhým a stále ještě nejčastějším je provedení s otevřenými patkami a použití rychloupínacího mechanismu. Oproti pevným osám má nevýhodu nižší tuhosti ve všech směrech.



obr. 1.10 – rychloupínací osa <sup>14</sup>

Především na levných kolech se ještě můžeme setkat s osou utaženou na obou stranách maticemi.



obr. 1.11 – maticová osa <sup>14</sup>

Kromě těchto dvou základních typů se dále dělí podle svého průměru a délky. Nejpoužívanějším rozměrem pevných os je nyní standard 135x12, což znamená 12 mm průměr a 135 mm délka mezi patkami. Dalším používaným rozměrem je 142x12, který postupně vytlačuje právě standard 135x12. Standardním provedením rychloupínací osy je rozměr 135x9. Její šířka mezi patkami, jak už označení napovídá, je 135 mm s 9 mm dutou osou a 5 mm rychloupínacím závěrem. Dále existují ještě další rozměry os, využívané například u sjezdových kol. <sup>14</sup>

## Zadní stavba

Zadní stavba je opět tvořena z různě profilovaných trubek a každý výrobce si ji vyrábí podle svých představ pro každý konkrétní rám. Důvodem je jak estetika, tak vlastnosti samotného rámu. Zejména tuhost, na druhé straně i pohodlí a pohlcování vibrací. Jejich upnutí do svařovacího přípravku musí být z tohoto důvodu stavitelné. Ideálně ve všech směrech.



obr. 1.12 – Zadní stavba <sup>15</sup>

## 2. Používané svařovací přípravky

Svařovacích přípravků pro rámy jízdních kol existuje velké množství. Většinou se jedná o drobné výrobce rámů, kteří si pro své potřeby sami vytvořili přípravek přesně na míru. Podobně jako v této práci. Poté existuje i několik profesionálních upínacích systémů.

### 2.1. Dřevěný svařovací přípravek

Tím zřejmě úplně nejlevnějším řešením je použití dřevěného přípravku pro uchycení trubek. Velmi rychle dochází k opotřebení a není tedy vhodný pro jakékoliv sériové použití. Není zde dosažena ani příliš velká přesnost. Zároveň zde vzniká riziko vzniku požáru při svařování. Hodí se především pro domácí kutily, kteří nechtějí investovat velké peněžní prostředky.



obr. 2.1 – Dřevěný přípravek <sup>24</sup>

### 2.2. Přípravek z hliníkových profilů

Pro malé výrobce rámů je velmi výhodné konstruovat přípravek z hliníkových stavebnicových systémů. Svařovacích přípravků vyrobených z hliníkových profilů však využívají i někteří velcí výrobci. Na obr. 2.2 jsou vidět právě tyto rámy ve společnosti Trek.





obr. 2.2 – Přípravek ve společnosti Trek <sup>26</sup>

Použití profilů s drážkou zvyšuje využitelnost pro svaření různých velikostí rámců kol v jediném přípravku. Poskytuje dobrý poměr ceny k užitné hodnotě. Cena se poté odvíjí od složitosti konstrukce. Na využití hliníkových profilů je postavena i tato práce.



obr. 2.3 – přípravek z hliníkových profilů <sup>25</sup>

## 2.3. Anvil Bikeworks

Tento výrobce z USA nabízí celou řadu různých přípravků používaných při stavbě rámců jízdních kol. Ať už se jedná o přípravky pro frézování, ohýbání nebo svařování. Jejich současný model svařovacího přípravku „Type 4 Journeyman Frame Fixture“ je jedním z nejlepších na trhu. Jeho cena dosahuje 5400 dolarů, tedy přibližně 110 000 Kč. <sup>12</sup>



obr. 2.4 – Anvil Bikeworks <sup>12</sup>

## 2.4. Henry James Bicycles

Tento výrobce opět sídlí ve Spojených státech amerických. Kromě výroby přípravků se zabývá i výrobou samotných částí rámců jízdních kol. Zejména patek a mufen pro spojování trubek. Jejich univerzální upínací rám se prodává za cenu 4100\$, v přepočtu za 85 tisíc korun. <sup>13</sup>

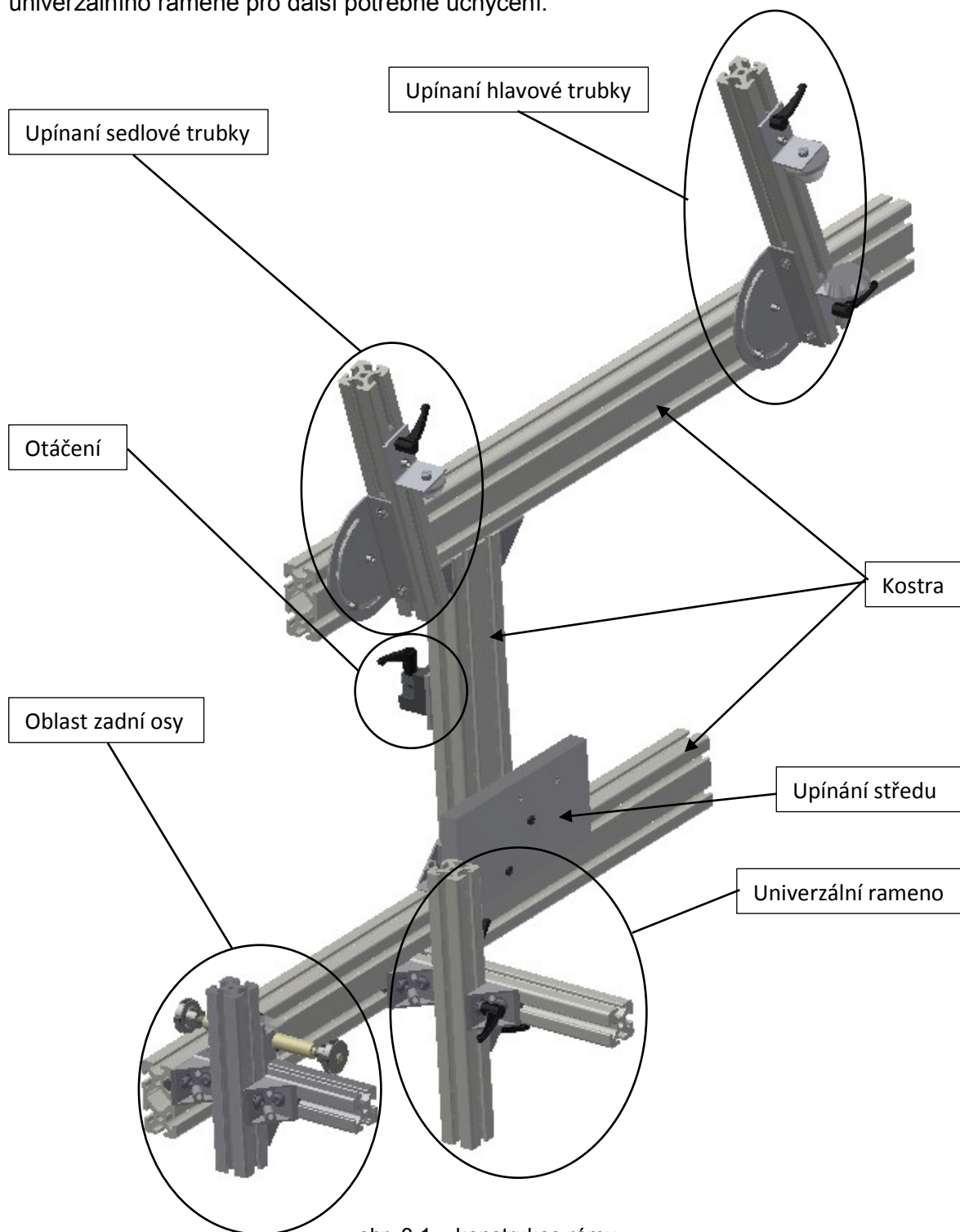


obr. 2.5 – Henry James Bicycles <sup>13</sup>



### 3. Konstrukce rámu

Samotný svařovací rám se skládá ze sedmi hlavních částí. Základním prvkem je kostra, na kterou navazují ostatní části. Ostatní části můžeme rozdělit do celků, podle jejich funkce. Jedná se o mechanismus otáčení a celky umožňující upnutí trubek. Jmenovitě tedy části pro upnutí hlavové trubky, sedlové trubky, oblast středu, zadní osy, a navíc sestavu univerzálního ramene pro další potřebné uchycení.



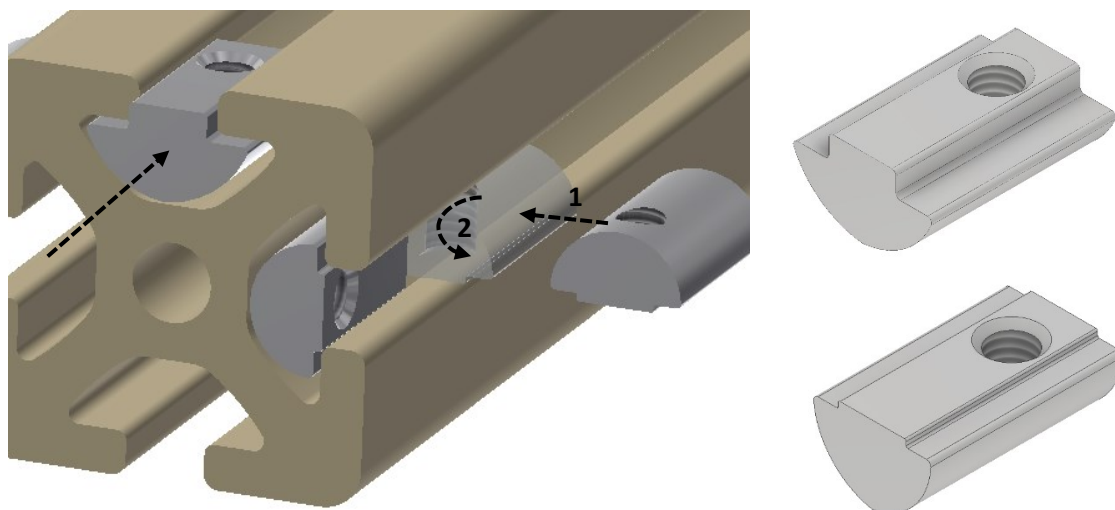
obr. 3.1 – konstrukce rámu

### 3.1. Důležité části

Pro lepší porozumění je nejprve potřeba popsat některé základní prvky používané při konstrukci.

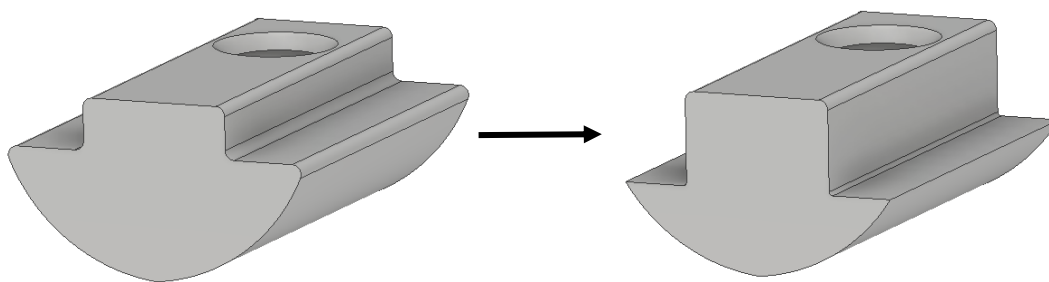
#### Kámen

Kameny slouží jako spojovací prvek. Vkládají se do drážek v profilu a následně jsou spojeny s další částí obvykle pomocí šroubu. Podle výrobce mohou obsahovat také pružinu, jejíž úkolem je zabránit volnému pohybu v profilu při nedotaženém šroubu (pro zjednodušení není v CAD modelu). Toto značně usnadňuje montáž, neboť je možné nejdříve umístit kámen a až následně do něj zašroubovat šroub. Není tedy nutné složitě tento kámen přidržovat a zároveň šroubovat šroub do závitu. Použití kamenů má zásadní výhodu v jednoduché možnosti posuvu. stačí šroub pouze mírně povolit a lze s kamenem posouvat. Existují dva základní typy. Jedním je kámen, který je nutné nasunout do profilu na jeho konci. Druhým typem jsou sklopné kameny, které lze do drážky vložit dodatečně, nemusí se nasouvat. Nevýhodou druhého typu je menší styčná plocha.



obr. 3.2 – použití kamenů

Dále je v práci použit i upravený kámen. Tato úprava spočívá v odfrézování části materiálu. Tímto dojde k výraznému zmenšení styčné plochy s profilem. V případě těchto upravených kamenů to nevadí, protože jsou používány jako vodící, případně zajišťují fixaci úhlu tím, že dosednou na plochu plechu (viz kapitola 4.1)

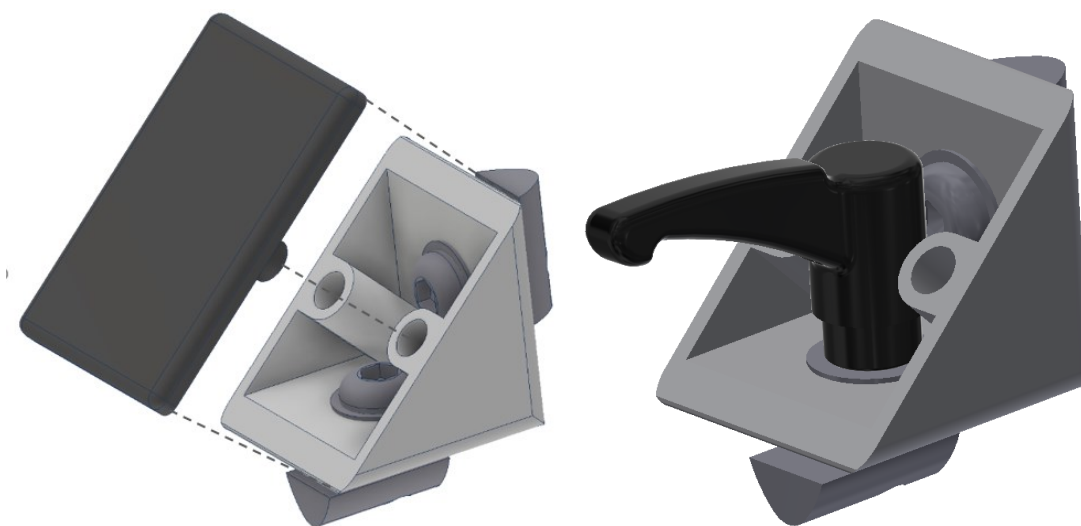


obr. 3.3 – úprava kamene

## Úhelník

Ke spojování profilů jsou použity úhelníky. Jejich spojení s profily je opět pomocí kamenů a šroubů. U některých případů je vhodné šroub nahradit pákou pro snadnější a rychlejší obsluhu. Jedná se zejména o úhelníky použité pro pomocné univerzální rameno. Očekává se, že bude často přesouváno. Úhelníky mohou být vybaveny plastovou ochrannou krytkou proti vnikání nečistot.

U úhelníku s pákou je potřeba při montáži nejdříve prostrčit páku se závitem skrz úhelník a nejprve našroubovat kámen a až následně jej zasunout do profilu. Úhelník neumožňuje otáčení páky v rozsahu 360°. V případě potřeby bude použita podložka mezi pákou a úhelníkem pro vymezení závitu při potřebném natočení páky. Nutno zjistit experimentem.

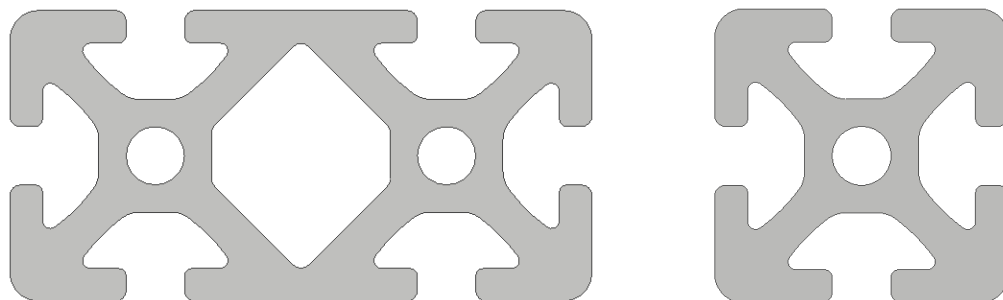


obr. 3.4 – použité úhelníky

## Profil

Pro konstrukci jsou použity profily bez speciálních odlehčení o rozměrech 40x40 a 40x80 milimetrů. Výrobce prodává také několik typů profilů s dalšími odlehčeními. V tomto případě bylo zvoleno provedení profilu s co nejvyšším průřezovým modulem pro dosažení

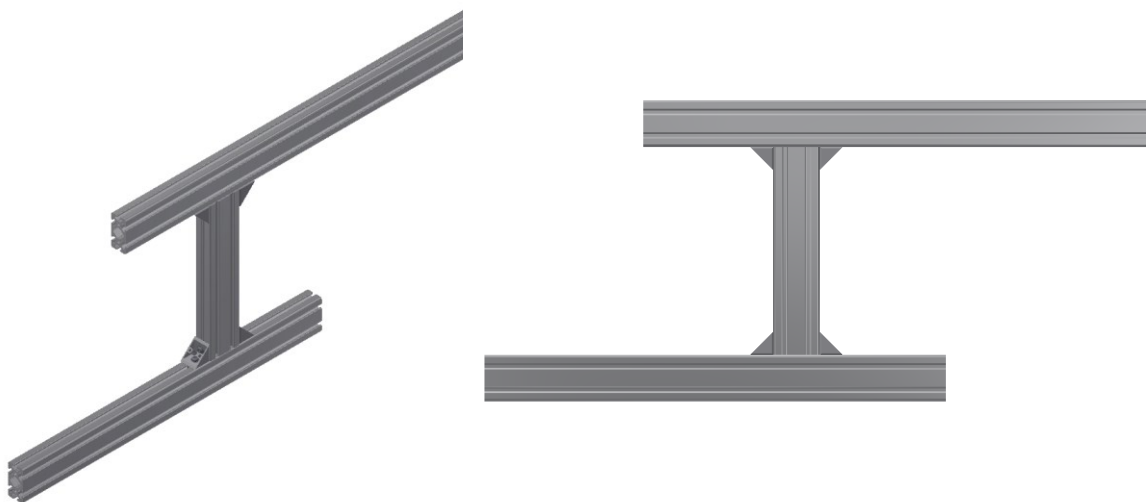
vyšší tuhosti celé konstrukce. Pro hlavní nosnou část, kostru, jsou použity profily s větší výškou pro další zvýšení tuhosti, tak aby se snížily dopady ohybu samotného svařovacího rámu.



obr. 3.5 – použité profily

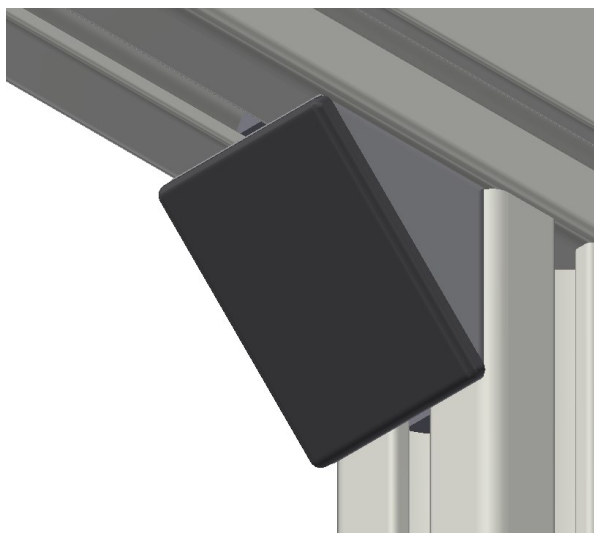
### 3.2. Kostra

Kostru rámu tvoří hliníkové stavebnicové profily o rozměru 40x80 mm s drážkou o šířce 8 mm. Tyto profily slouží pro uchycení všech dalších částí svařovacího přípravku.



obr. 3.6 – základní kostra

Jednotlivé části kostry jsou k sobě připevněny za pomoci úhelníků s upínací sadou a krytkou. Upínací sada obsahuje dva šrouby a kameny. Použitím spojení šroub-kámen je docíleno možnosti snadného přestavení celé kostry v případě potřeby. Vždy zachována je pouze vzdálenost obou horizontálních profilů. Ke změně této vzdálenosti je vyžadována změna prostředního (svislého) profilu. Tato nevýhoda je kompenzována přítomností dalších prvků rámu.



obr. 3.7 – spojení profilů

## Maximální příčná síla na jeden kámen

Utahovací moment šroubů vychází z dovolených utahovacích momentů pro ocelové šrouby, je však značně snížen z důvodu zašroubování do hliníkového materiálu s nedostatečnou hloubkou. Dále je ve výpočtu osové síly použit součinitel tření v závitech  $f_{Z,AlFe}$  s hodnotou 0,5, který vychází z tření mezi ocelovým a hliníkovým materiálem.<sup>6</sup> Přesnou hodnotu tohoto tření by bylo nutné zjistit experimentálně. Je mírně snížena pro zvýšení bezpečnosti. Hodnoty  $P_{M8}$ ,  $d_{2,M8}$  a  $\alpha$  jsou rozměry závitu M8 (rozteč, střední průměr závitu a úhel profilu)

Zvolený utahovací moment  $M_{u,\check{s}}$  je 3 Nm.

Osová síla ve šroubu:

$$\begin{aligned}
 F_{o,\check{s}} &= \frac{\frac{2}{3} \cdot M_{u,\check{s}}}{\tan \left( \arctg \left( \frac{P_{M8}}{\pi \cdot d_{2,M8}} \right) + \arctg \left( \frac{f_{Z,AlFe}}{\cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)} \right) \right)} \cdot \frac{d_{2,M8}}{2} \\
 &= \frac{\frac{2}{3} \cdot 3000}{\tan \left( \arctg \left( \frac{1,25}{\pi \cdot 7,188} \right) + \arctg \left( \frac{0,5}{\cos \frac{60}{2}} \right) \cdot \frac{7,188}{2} \right)} = 902 \text{ N}
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Třecí síla proti pohybu kamene:

$$F_{Tp} = F_{o,\check{s}} \cdot f_{AlAl} = 902 \cdot 1,2 = 1082,4 \text{ N} \tag{2.2}$$

Součinitel  $f_{AlAl}$  vyjadřuje míru tření mezi dvěma hliníkovými plochami. Z rovnice (2.2) vyplývá, že jeden použitý kámen dokáže přenést sílu 1082,4 N. Pro spojování profilů jsou navíc použity vždy dva kameny v každém umožněném směru pohybu. Tedy spojení dvou profilů přenesou celkem 2164,8 N, což odpovídá přibližně hmotnosti 220 kilogramů. To je postačující i s poměrně vysokou bezpečností.

Kontrola na otlačení:

$$p_k = \frac{F_{Tp}}{S_{Ok}} = \frac{1082,4}{2 \cdot 4,5 \cdot 22} = 5,5 \text{ MPa} \quad (2.3)$$

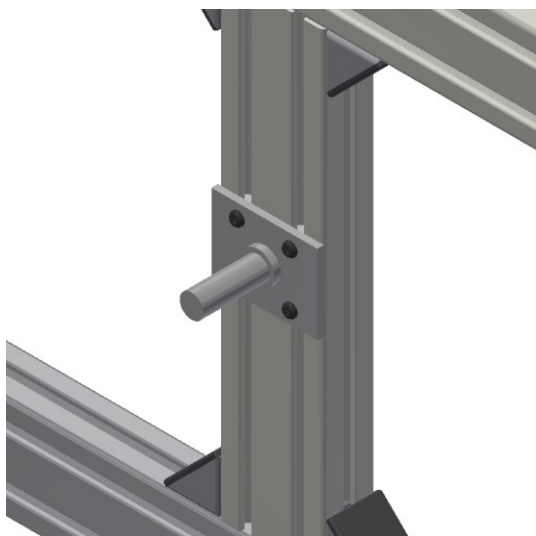
kde  $S_{Ok}$  je otláčovaná plocha na kameni

$$p_k \leq \frac{R_e}{k} \rightarrow k = \frac{R_e}{p_k} = \frac{195}{5,5} = 35,5 \quad (2.4)$$

Dle technického listu pro profily s drážkou 8 mm a rozměry 40x40 mm je mez elasticity  $R_e = 195 \text{ MPa}$  a možná maximální síla působící na jeden kámen rovna 5000 Newtonů (při započtení koeficientu bezpečnosti s hodnotou 2)<sup>7</sup>

## Otočný čep

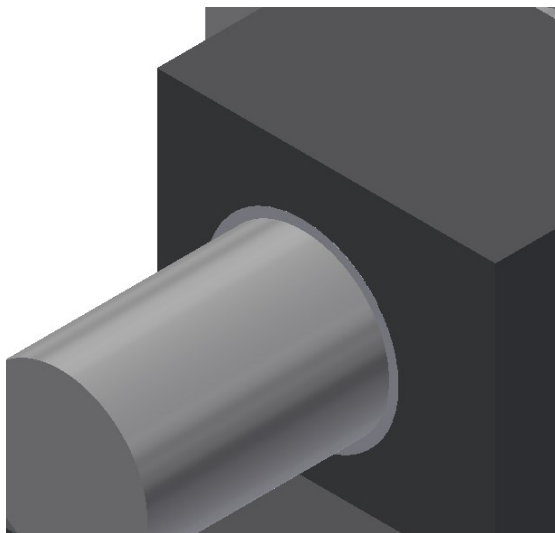
Veškeré upínací prvky jsou koncipovány s ohledem na jejich možný posuv. Samotná kostra, potažmo všechny její části, jsou umístěny na otočném čepu. Kostra je k němu připevněna opět pomocí šroubů a kamenů. Čep je možné posouvat, aby bylo možné jej vždy umístit přibližně do těžiště sestavy a snížit tak nežádoucí momenty způsobující samovolné otáčení. Zajištění otáčení je nutné pro snadnější svařování. Bez tohoto otáčení by bylo velmi komplikované provádět některé svary.



obr 3.8 – otočný čep

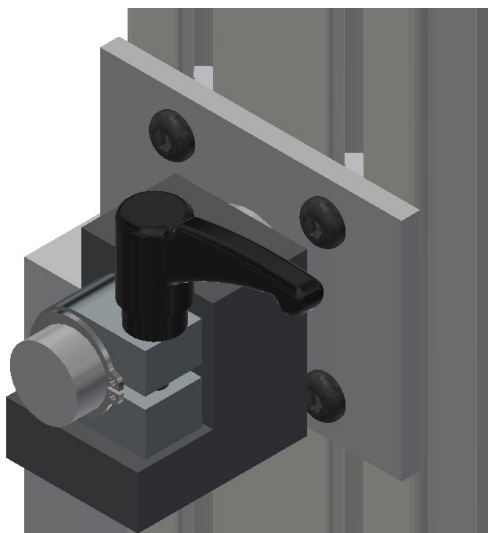
### 3.3. Otáčení

Samotný mechanismus otáčení se skládá z několika částí. Ke kostře rámu je připevněna deska s navařeným čepem. Tento čep prochází skrz pevný prvek. Tento prvek je opatřen kluzným ocelovým ložiskem s PTFE povlakem – KU 2525.<sup>27</sup> Toto pouzdro je vhodné i pro malé rychlosti a kývavý pohyb.



obr 3.9 – Kluzné pouzdro

Dále je na prvku umístěna svěrka, sloužící pro zamezení samovolného otáčení. Sevření svěrky je vyvozeno pákou se závitem pro snadnější manipulaci. Na konci je čep zajištěn pojistným kroužkem, aby nedošlo k vypadnutí.



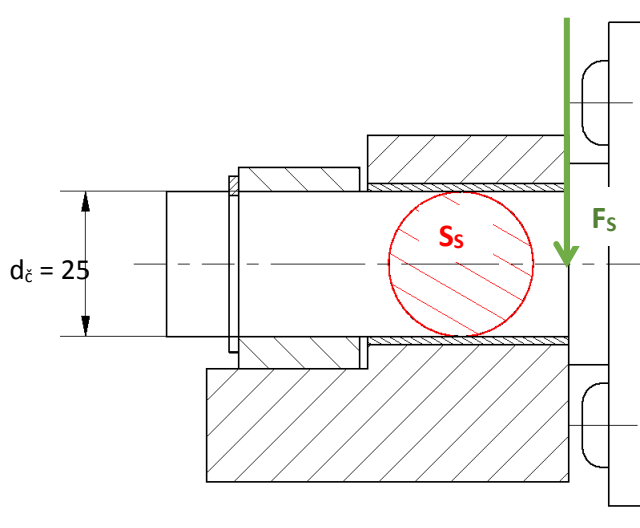
obr 3.10 – Zajištění čepu

Celý prvek bude následně umístěn k další konstrukci. Je možné jej například umístit na úhelník a přichytit na stěnu. Další možností je přivaření na jakoukoliv další konstrukci. Čep

bude nejvíce namáhaným členem celého rámu, a proto je provedena jeho kontrola. Stejně tak je vypočten i maximální moment jaký je schopná zachytit svěrka.

## Pevnostní kontrola čepu

Kontrola na střih:

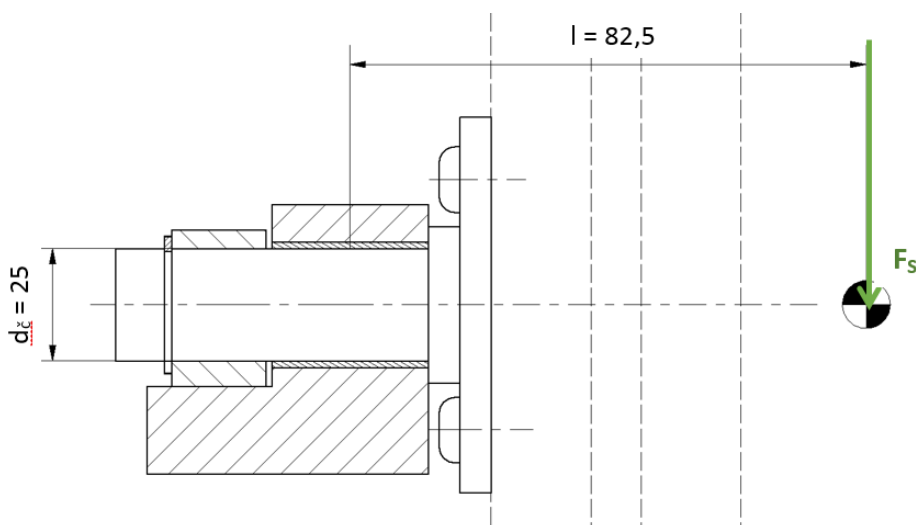


obr 3.11 – Kontrola čepu na střih

$$\tau_s = \frac{F_s}{S_s} = \frac{G_{ur} \cdot k_{pz}}{S_s} = \frac{m_{ur} \cdot g \cdot k_{pz}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{21,5 \cdot 9,81 \cdot 3}{\frac{\pi \cdot 25^2}{4}} = 1,3 \text{ MPa} \quad (2.5)$$

kde  $k_{pz}$  je součinitel, zahrnující možné přidavné zatížení, například od navíc použitých upínacích prvků a  $G_{ur}$  je tíhová síla, působící na samotný přípravek

Kontrola na ohyb:



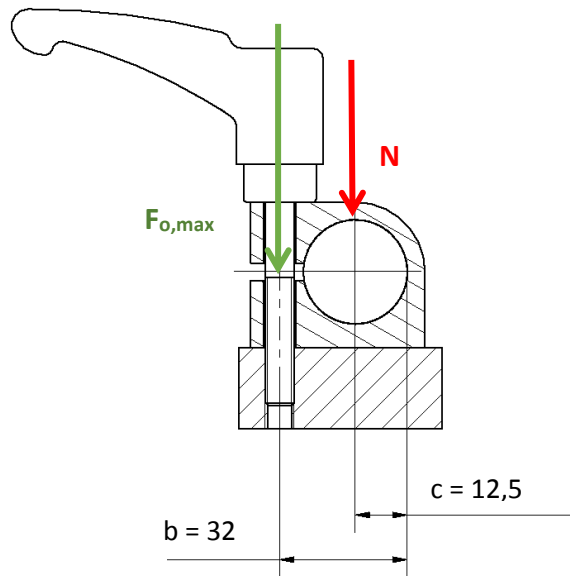
obr 3.12 – Kontrola čepu na ohyb



$$\sigma_o = \frac{F_s \cdot l}{W_o} = \frac{G_{ur} \cdot k_{pz} \cdot l}{\frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32}} = \frac{m_{ur} \cdot g \cdot k_{pz} \cdot l}{\frac{\pi \cdot d_{\xi}^3}{32}} = \frac{21,5 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 82,5}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} = 34 \text{ MPa} \quad (2.6)$$

Hodnota dovoleného napětí v ohybu  $\sigma_{Do} = 70 \text{ MPa}$  <sup>5</sup>. Napětí ve stříhu lze zanedbat. Čep pevnostně vyhovuje.

## Maximální zachycený moment



obr 3.13 – Maximální zachycený moment

Maximální osová síla v závitě:

$$F_{o,max} = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \sigma_{Dt} = \frac{\pi \cdot 6,466^2}{4} \cdot 120 = 3940,4 \text{ N} \quad (2.7)$$

Normálová síla na čep:

$$N = \frac{F_{o,max} \cdot b}{c} = \frac{3940,4 \cdot 32}{12,5} = 10087,4 \text{ N} \quad (2.8)$$

Maximální zachycený moment:

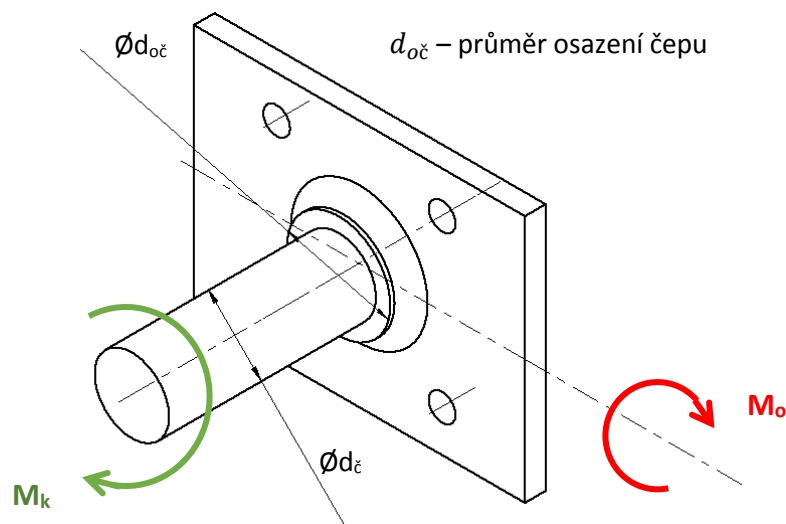
$$M_k = \frac{N \cdot \pi \cdot f \cdot d_{\xi}}{2 \cdot k} = \frac{10087,4 \cdot \pi \cdot 0,2 \cdot 25}{2 \cdot 1,5} = 52817,5 \text{ Nmm} \quad (2.9)$$

Minimální délka svěrky:

$$l_{min} = \frac{2 \cdot k \cdot M_k}{\pi \cdot d_{\xi}^2 \cdot f \cdot p_{Ds}} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 44014,8}{\pi \cdot 25^2 \cdot 0,2 \cdot 85} = 4,8 \text{ mm} \quad (2.10)$$

kde dovolený tlak mezi svěrkou a čepem  $p_{Ds} = 85 \text{ MPa}$  <sup>5</sup>

## Kontrola svarového spoje



obr 3.14 – Kontrola svarového spoje

$$\tau_{\parallel} = \frac{M_k}{W_{kSV}} = \frac{M_k}{\frac{\pi \cdot [(d_{o\check{c}} + 2a)^4 - d_{o\check{c}}^4]}{16 \cdot (d_{o\check{c}} + 2a)}} = \frac{73357,8}{\frac{\pi \cdot [(30 + 2 \cdot 4)^4 - 30^4]}{16 \cdot (30 + 2 \cdot 4)}} = 11,1 \text{ MPa} \quad (2.11)$$

$$\tau_{\perp} = \frac{M_o}{W_{oSV}} = \frac{m_{ur} \cdot g \cdot k_{pz} \cdot l}{\frac{\pi \cdot [(d_{o\check{c}} + 2a)^4 - d_{o\check{c}}^4]}{32 \cdot (d_{o\check{c}} + 2a)}} = \frac{21,5 \cdot 9,81 \cdot 3 \cdot 82,5}{\frac{\pi \cdot [(30 + 2 \cdot 4)^4 - 30^4]}{32 \cdot (30 + 2 \cdot 4)}} = 15,8 \text{ MPa} \quad (2.12)$$

$$\tau_{SV} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp}}{\alpha_{\tau\perp}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{\alpha_{\tau\parallel}}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{n}$$

$$\tau_{SV} = \sqrt{\left(\frac{15,8}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{11,1}{0,65}\right)^2} \leq 1,2 \cdot \frac{370}{2,5} \quad (2.13)$$

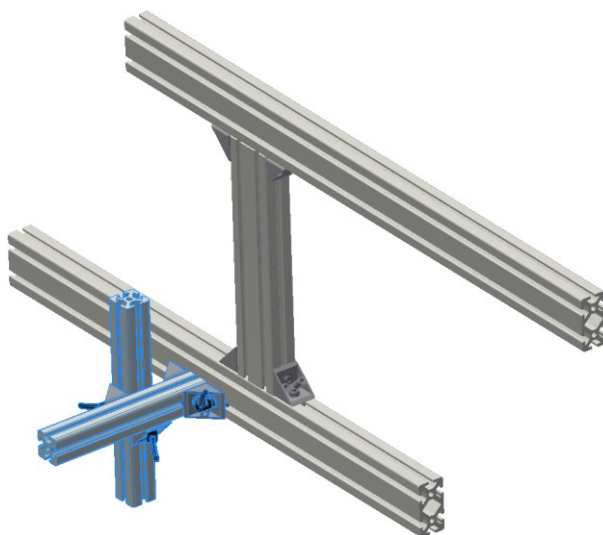
$$\tau_{SV} = 27,2 \leq 177,6 \text{ MPa}$$

**Vyhovuje**

Převodní součinitele  $\alpha_{\tau\perp}$  a  $\alpha_{\tau\parallel}$  a součinitel tloušťky svaru určeny dle strojnických tabulek<sup>3</sup>.

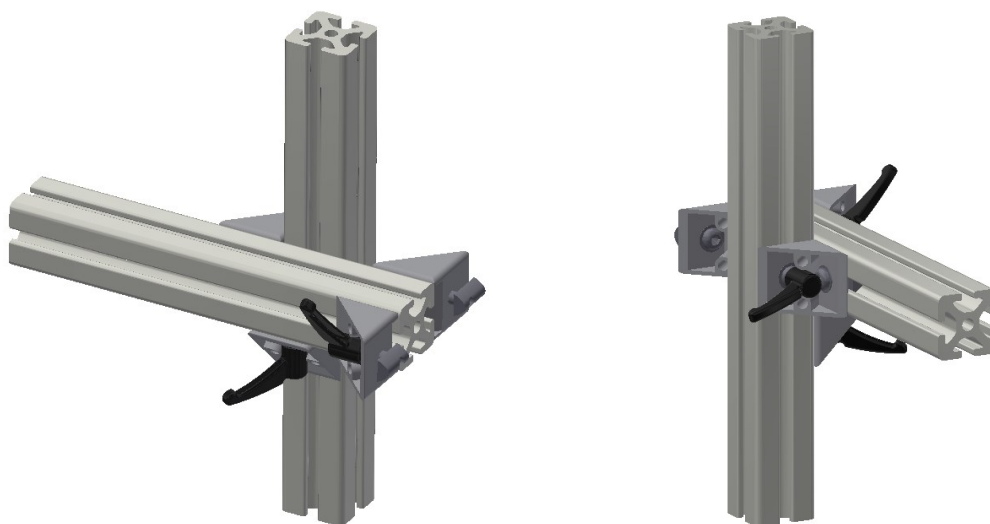
### 3.4. Pomocné rameno

Kromě upínacích prvku, jež jsou nastaveny na konkrétní rám kola, se na přípravku nachází i pomocné rameno.



obr 3.15 – Umístění pomocného ramene

Toto rameno je navrženo jako posuvné ve všech třech osách. Zajišťuje podporu všude tam, kde je to potřeba. Může být přesunuto kdekoliv v rámci přípravku. K tomuto rameni se následně přichytí požadovaná trubka nebo jiný prvek. K samotnému přichycení slouží různé typy upínek. Pro snadnější manipulaci je vhodné použití pák se šroubem. Levnější alternativou jsou pak klasické šrouby s hlavou.



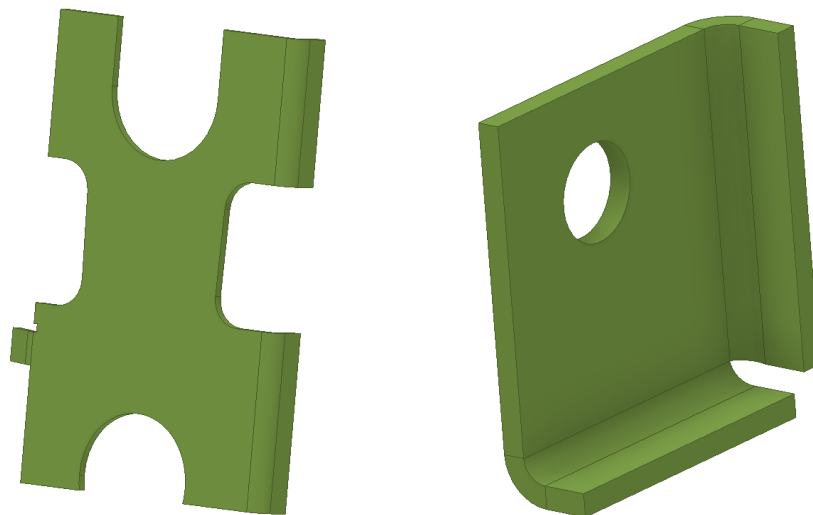
obr 3.16 – Pomocné rameno

### 3.5. Přídavné upínací prvky

Přídavné upínací prvky slouží zejména pro usnadnění a zrychlení práce. Bez jejich použití by bylo velmi problematické trubky do rámu vůbec uchytit. Prvním prvkem jsou šablony. Druhým pak svěrky.

## Šablony

Šablony slouží zejména k vymezení přesné polohy upínaného a svařovaného prvku. Jsou speciálně vyrobeny pro každý rám. Jsou vyráběny jako výpalky z plechu a poté ohýbány, pokud je to potřeba.



obr 3.17 – Šablony

## Svěrky

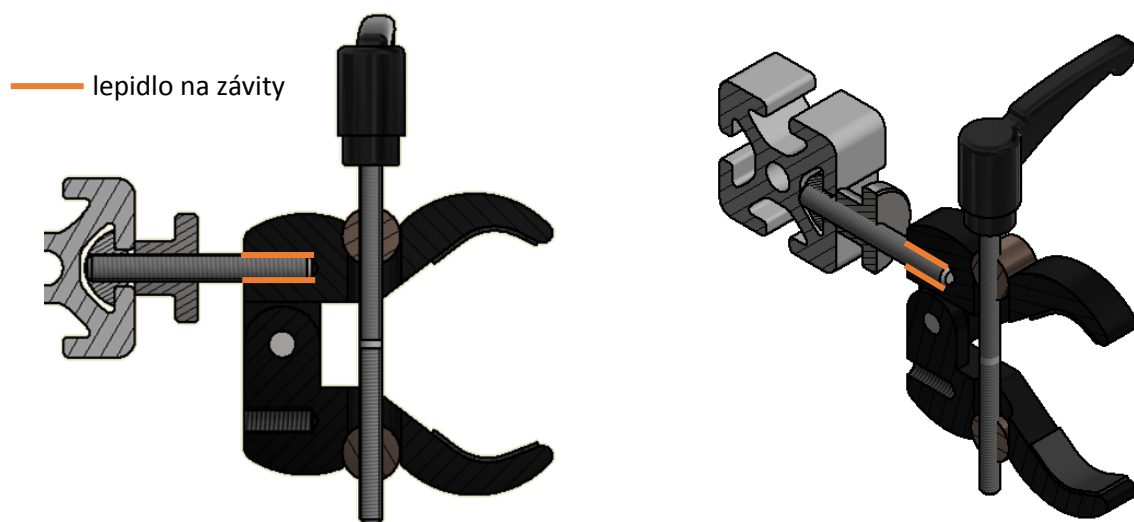
Jsou použity dva různé typy svěrek. Univerzální a rychloupínací.

### Univerzální „V“ svěrka

Pro upínání trubek se hodí svěrka s dosedacími plochami tvaru „V“. Trubky do tohoto „V“ lze velmi dobře upnout. Svěrka je stahována za pomoci páky, aby jí bylo možno jednoduše obsluhovat bez použití nářadí.

Svěrka má ve svém těle vyřezán závit, do kterého bude zašroubována závitová tyč a zajištěna proti vyšroubování lepidlem na závity. Pomocí této závitové tyče je šroubována ke kameni umístěnému v profilu. Aby bylo možno svěrku natočit a toto natočení zajistit, je na závitové tyči umístěna ještě kruhová rýhovaná matice (pro šroubování rukou).

Dotažením matice se zajistí třecí spojení mezi kamenem a profilem, zároveň dojde k vymezení vůle v závitě a k zabránění samovolného otáčení v závitě kamene. Nejdříve je svěrka zašroubována do kamene a následně utažena maticí. Obr. 3.18



obr 3.18 – přichycení svěrky

K vyvození osově síly dochází v důsledku utažení pomocí kruhové rýhované matice. Přesnou hodnotu krouticího momentu nelze určit z důvodu ručního dotažení. Pro výpočet použijeme hodnotu utahovacího momentu matice svěrky  $M_{u,sv} = 1,5 \text{ Nm}$ .

Osová síla ve šroubu:

$$F_{o,sv} = \frac{\frac{2}{3} \cdot M_{u,sv}}{\tan \left( \arctg \left( \frac{P_{M8}}{\pi \cdot d_{2,M8}} \right) + \arctg \left( \frac{f_{z,FeFe}}{\cos \left( \frac{\alpha}{2} \right)} \right) \right)} \cdot \frac{d_{2,M8}}{2} \quad (2.1)$$

$$= \frac{\frac{2}{3} \cdot 1500}{\tan \left( \arctg \left( \frac{1,25}{\pi \cdot 7,188} \right) + \arctg \left( \frac{0,22}{\cos \frac{60}{2}} \right) \cdot \frac{7,188}{2} \right)} = 886,7 \text{ N}$$

Maximální příčná síla zachycená třením mezi kamenem a profilem:

$$F_{Tsv} = F_{o,sv} \cdot f_{AlAl} = 886,7 \cdot 1,2 = 1064 \text{ N} \quad (2.2)$$

Kontrola na otláčení:

$$p_k = \frac{F_{Tsv}}{S_{Ok}} = \frac{1064}{2 \cdot 4,5 \cdot 22} = 5,4 \text{ MPa} \quad (2.3)$$

$$p_k \leq \frac{R_e}{k} \rightarrow k = \frac{R_e}{p_k} = \frac{195}{5,4} = 36,1 \quad (2.4)$$

### **Rychloupínací svěrka**

Zejména pro přichycení šablon je použita rychloupínací svěrka. Bez této svěrky by bylo použití šablon velmi komplikované. Je potřeba umístit šablonu na dané místo a současně upnout trubku v požadované pozici. Svěrka tak umožní uvolnění jedné ruky a upínání je tak snadnější.



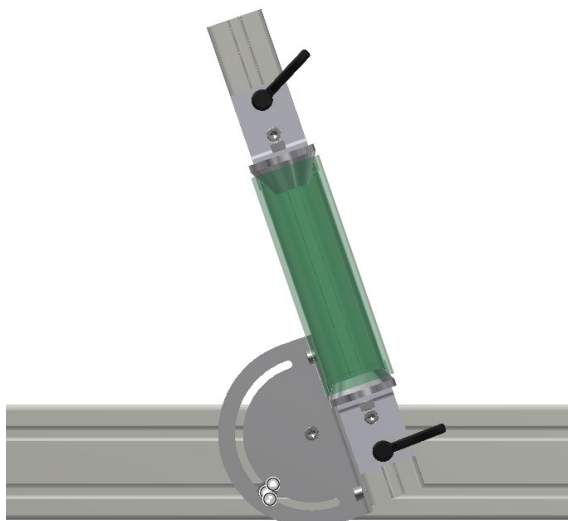
obr 3.19 – rychloupínací svěrka (ilustrační)

## 4. Upínání

Upínaný prvek je vždy na obrázcích zobrazen jako zelený a částečně průhledný. Již upnuté prvky jsou zelené a neprůhledné. Postup svařování je následující. Nejdříve je trubka uchycena do svařovacího rámu. Následně je pouze nabodována (bodový svar) v několika místech. Obvykle ve čtyřech místech natočených vůči sobě o 90 stupňů. Následně je možné pomocné upínky odstranit, pokud jsou použity a znesnadňují svaření. Nakonec je trubka ovařena kolem dokola. Pro snadnější provedení svaru je možné rám dle potřeby natáčet.

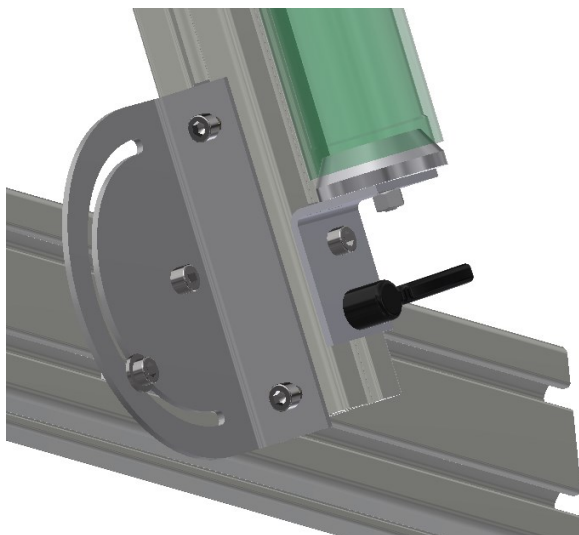
### 4.1. Hlavová trubka

Uchycení hlavové trubky je nezávislé na ostatních částech rámu. Pro správné vycentrování trubky slouží dva komolé kužely, mezi které je trubka uchycena. Oba kužely jsou umístěny na úhelnících, pohyblivých ve směru osy trubky.



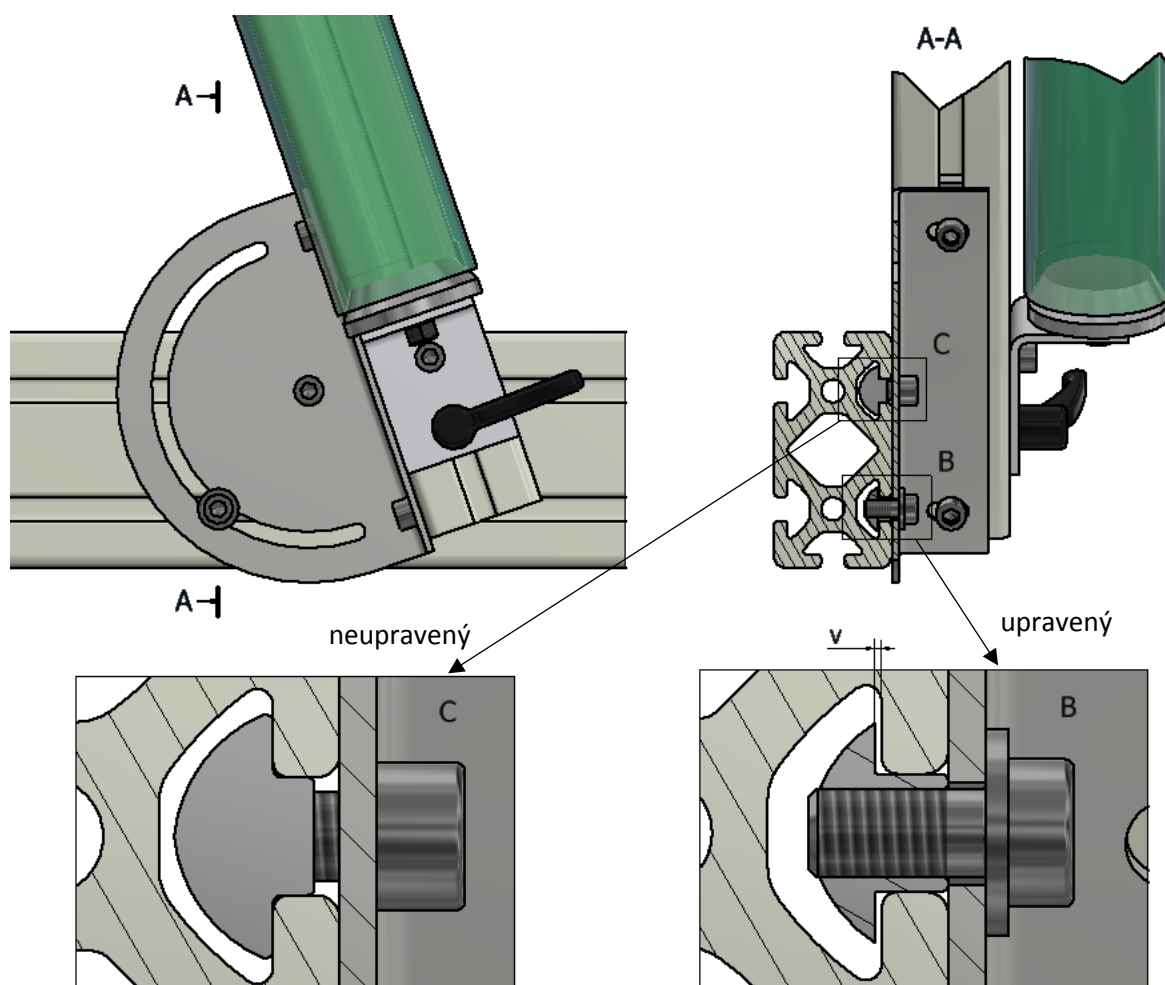
obr 4.1 – Uchycení hlavové trubky

Posuvné uložení umožňuje upnutí různě dlouhých hlavových trubek a zároveň jejich upnutí a vytažení z rámu. Každý úhelník je přichycen k profilu pomocí dvou kamenů. Jeden kámen je upraven (obr. 3.3) a slouží pouze jako vodič. Princip je na obr. 4.3. Upravený kámen je přišroubován klasickým šroubem. Druhý kámen slouží jednak pro posuv v drážce, tedy vedení, ale zároveň i pro zafixování v požadované poloze. Pro rychlejší práci může být použita páka místo šroubu. Je možno posouvat jak spodní, tak i horní. Nezávisle na sobě. Hliníkový profil, na němž jsou oba úhelníky uchyceny je připojen k hlavní kostře rámu pomocí plechu s půlkruhovou drážkou, umožňující změnu úhlu.



obr 4.2 – Přichycení ke kostře

Jeden z kamenů je upraven pro fixaci pouze zvoleného úhlu, zatímco stále umožňuje posuv. Toto je velmi důležité pro snadnou změnu velikosti rámu. Což znamená prodloužení předního trojúhelníku se zachováním výšky a sklonu hlavové trubky. Druhý šroub slouží pro blokaci posuvného pohybu.

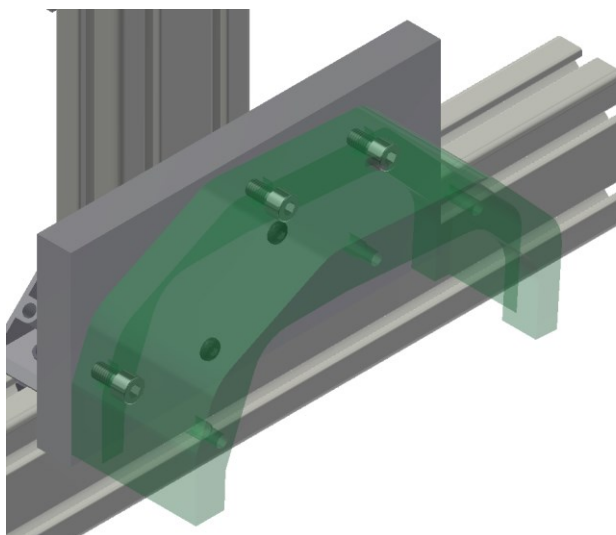


obr 4.3 – Řešení fixace úhlu



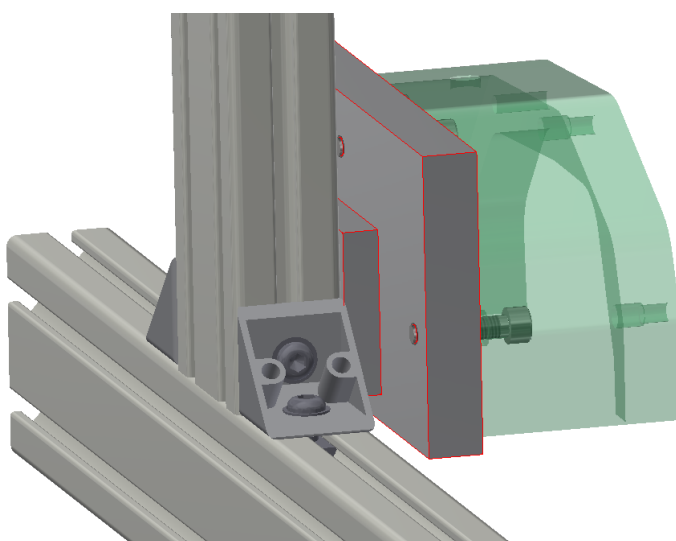
## 4.2. Střed

Oblast středu je nejkomplikovanější částí prakticky každého kola. Deska pro upnutí nosiče středového pohonu je vyrobena pro konkrétní model motoru. Jedná se o správné umístění děr, sloužících pro uchycení držáku motoru. Tento držák je ke svařovacímu rámu upnut právě přes montážní otvory, které jsou následně použity pro montáž motoru.



obr 4.4 – Přichycení nosiče motoru

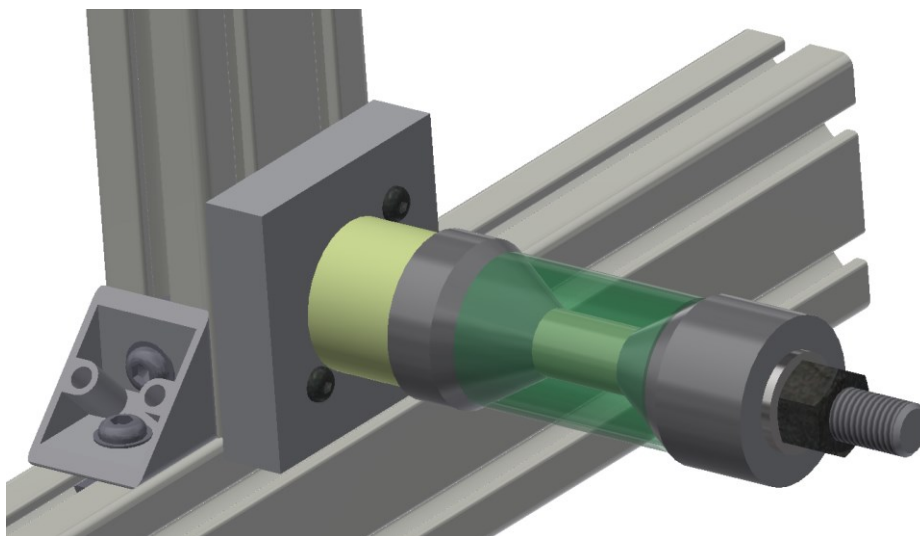
Pro upnutí jiného typu motoru s jiným umístěním montážních otvorů je potřeba vytvořit novou soustavu závitových děr v upínací desce. Samotná deska je přichycena ke kostře za pomoci šroubů a kmenů. Mezi deskou a kostrou je ještě umístěna distanční kostka. V případě potřeby lze měnit vzdálenost upínací desky od kostry změnou tloušťky této distanční kostky, případně podložkami.



obr 4.5 – použití podložky mezi kostrou a upínací deskou

Pokud není použit středový elektromotor, je tato sestava zaměněna za válcovou tyč, na kterou jsou následně nasunuty potřebné podložky, kužely a samotná středová trubka.

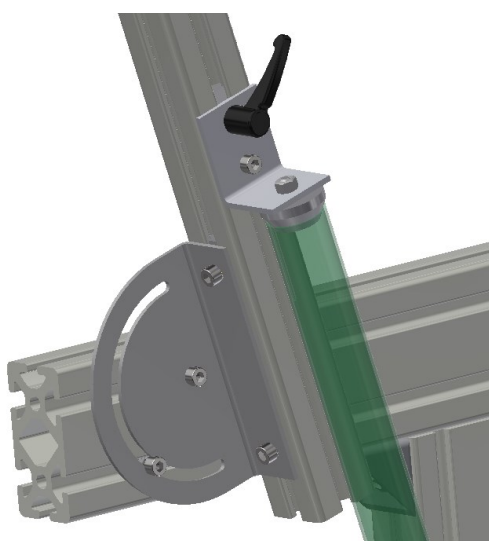
Následně vše utaženo maticí. Toto řešení však není přesně popsáno, neboť není předmětem této práce. Nicméně zjednodušené provedení je zobrazeno na obrázku.



obr 4.6 – Uchycení klasické středové trubky

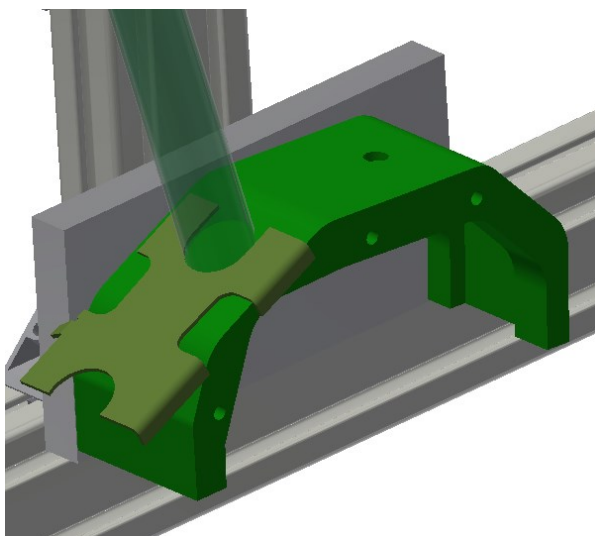
### 4.3. Sedlová trubka

Upnutí sedlové trubky je podobné jako u hlavové trubky. Sedlová trubka je na svém horním konci nastrčena na kužel, zajišťující její vystředění. Z konstrukce samotného svařovacího přípravku je zajištěno umístění sedlové i hlavové trubky v jedné rovině. Konkrétně podélné rovině samotného rámu kola. Kužel je opět posuvný. Posuv slouží zejména pro možnost upnutí různých délek trubek a zároveň pro snadnější vyjmutí svařeného rámu. Celá tato sestava s kuželem je umístěna na otočném prvku, stejném jako v případě hlavové trubky.



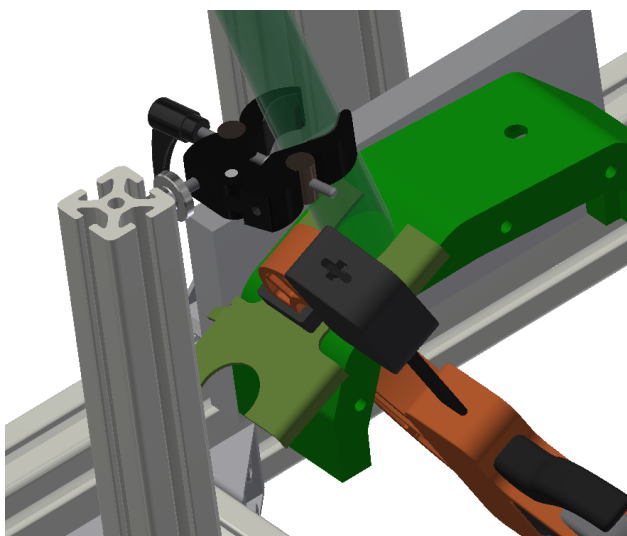
obr 4.7 – Uchycení horní části sedlové trubky

Na spodním konci hlavové trubky je umístěn motor a trubka tak doléhá na rovinnou plochu. Pro správné umístění může posloužit jednoduchá šablona z plechu.



obr 4.8 – Použití šablony na sedlovou trubku

Šablona je na svém místě přichycena rychloupínací svěrkou. O následné upnutí se postará univerzální rameno opatřené vhodnou upínkou.



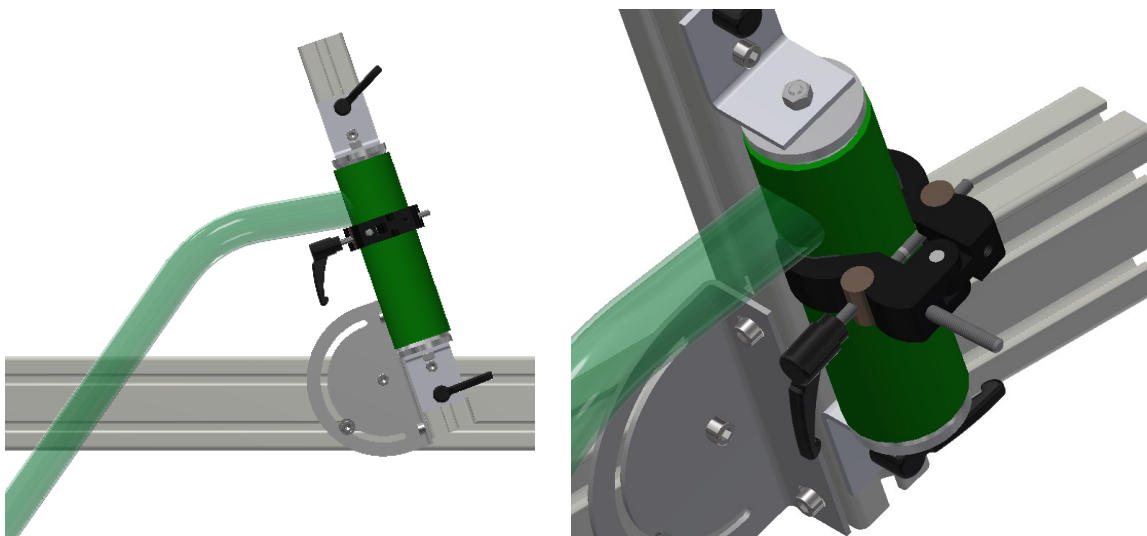
4.9 – Pevné upnutí sedlové trubky

V případě, kdy by byl použit klasický šlapací střed, nemusí být trubka jištěna pomocným ramenem, protože přesně doléhá na válcovou plochu a upínací síla může být dostatečná tak, aby nedošlo k nežádoucímu pohybu.

#### 4.4. Horní rámová trubka

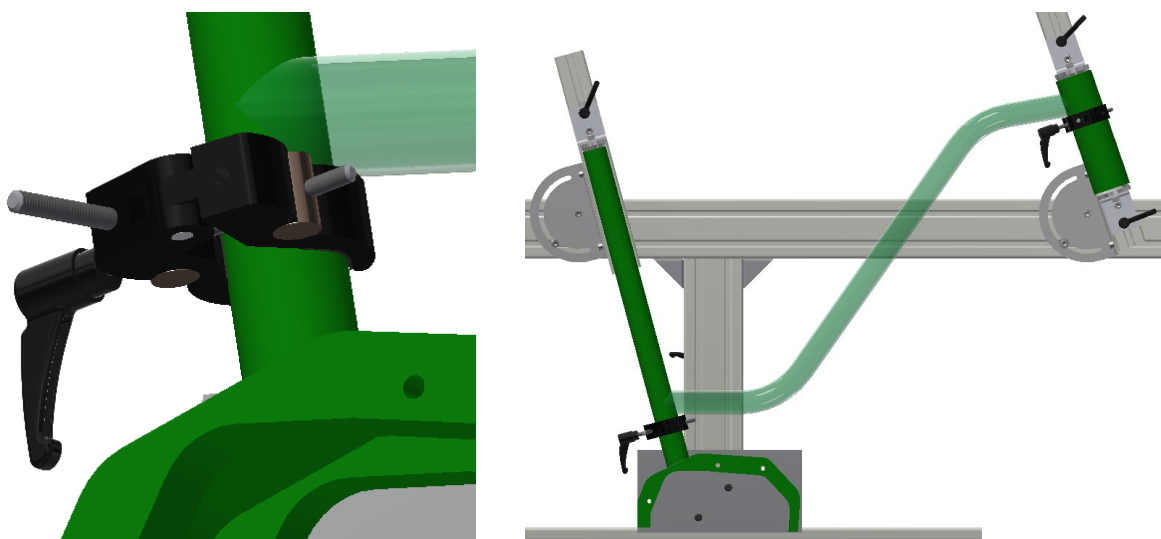
Pro uchycení horní rámové trubky postačuje její zajištění proti pohybu ve směru gravitace. Další upínací prvky není potřeba. Frézované konce trubky přesně dosedají a zajišťují správné umístění a natočení trubky. K tomu je použita stejná svěrka jako při

upevňování sedlové trubky. V případě horní rámové trubky však již není potřeba pomocného ramene. Samotná svěrka ovšem brání části svařování. Trubka je tedy nejdříve přivařena třemi bodovými svary po obvodu, poté je svěrka odstraněna.



obr 4.10 – Pojištění horní rámové trubky proti spadnutí

Z konstrukce konkrétního rámu kola je potřeba určit, zda je potřeba použít dvě svěrky. U rámu v této práci je svěrka na straně sedlovky pouze pro jistotu, protože sedlová trubka jí neumožní pohyb dolů. Pro různě tvarované trubky a různé geometrie mohou být potřeba dvě svěrky.



obr 4.11 – Upnutí horní rámové trubky

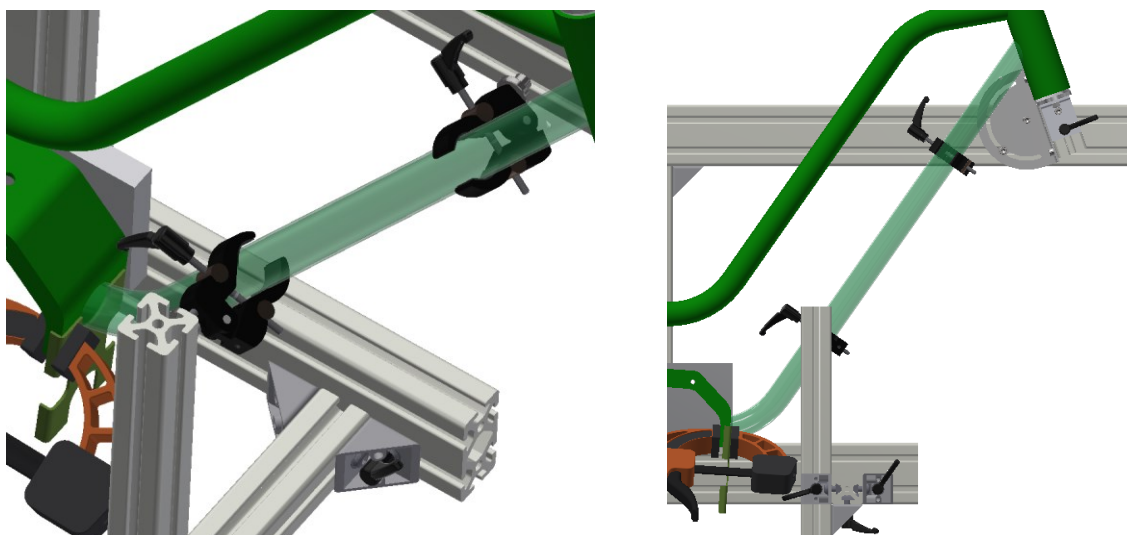
## 4.5. Spodní rámová trubka

K uchycení spodní rámové trubky jsou opět použity univerzální svěrky. Nejdříve je však na své místo umístěna šablona a opět přichycena pomocí rychloupínací svěrky.



obr 4.12 – Šablona na spodní rámovou trubku

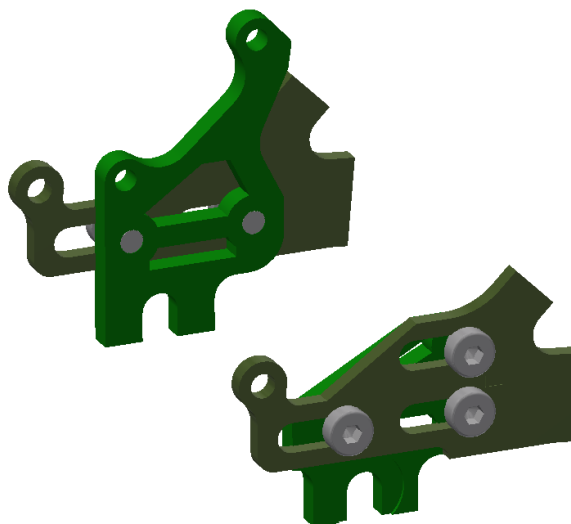
Následně je o tuto šablonu opřena trubka, která se na svém opačném (horním) konci opře o hlavovou trubku. Následně jsou použity univerzální svěrky, aby nemohlo dojít k pohybu trubky. Jedna svěrka je umístěna na pomocném univerzálním rameni. Druhá poté přímo na kostru. Pro připevnění na kostru je použit sklopný druh kamene, tak aby nebylo potřeba odstraňovat uchycení hlavové, případně sedlové trubky pro nasunutí klasického kamene.



obr 4.13 – Uchycení spodní rámové trubky

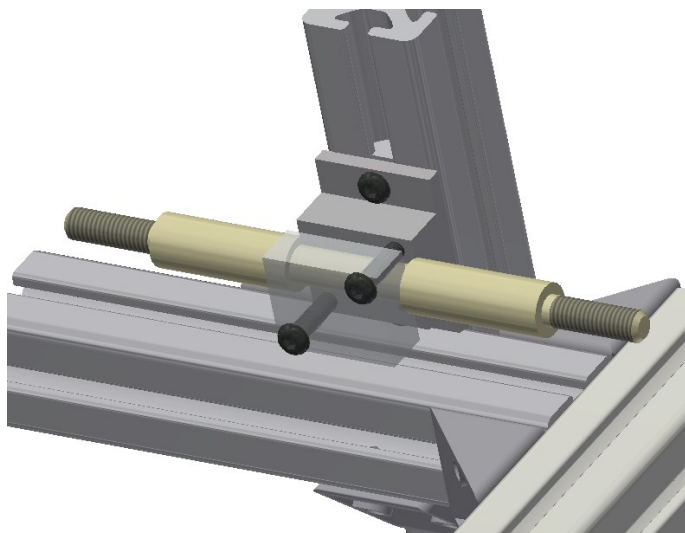
## 4.6. Zadní patky

Zadní patky se skládají z několika dílů, tak aby bylo možné zajistit napínání řemene. Před samotnou montáží do svařovacího přípravku musí být tyto díly sešroubovány do jednoho celku. Sešroubovány budou ve své maximální poloze, kdy je osa kola nejbližší šlapacímu středu.



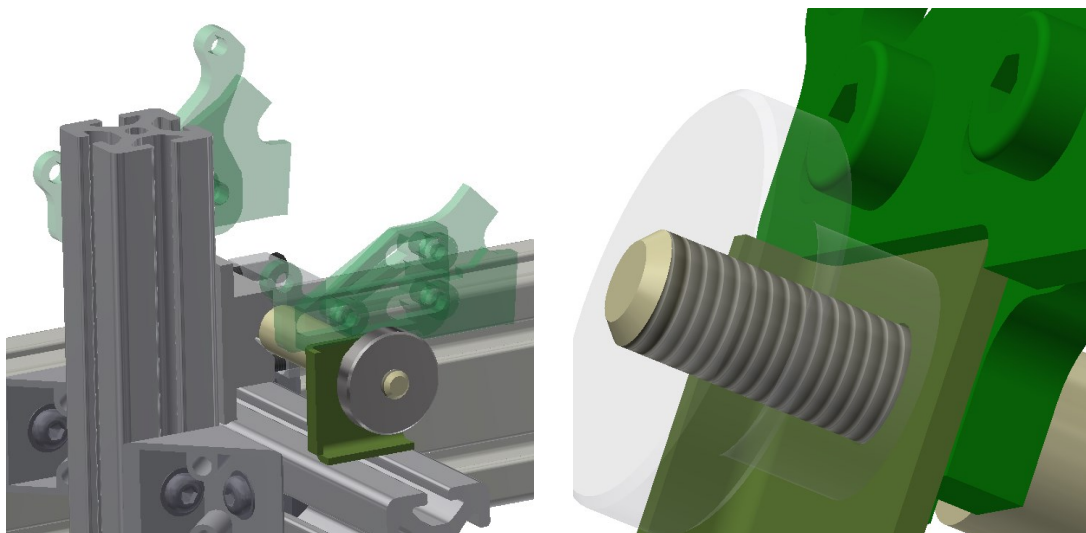
obr 4.14 – Sestavení zadních patek

Pro zajištění přesného umístění zadních patek je potřeba zajistit souosost dosedacích ploch osy a zároveň stejnou vzdálenost vůči podélné ose kola. K tomuto účelu slouží celá sestava dílů. Nejvýhodnější je použití falešné osy podle daného standardu. Tato osa má osazení a na svých koncích závit. Osazení ve středu osy slouží ke správném a souměrnému upnutí osy do přípravku. O osazení na konci závitu se opřou patky rámu. Šířka osazení přesně odpovídá délce osy, která bude na rámu použita.



obr 4.15 – Uchycení falešné osy do držáku

Ke správnému umístění a natočení je použita vždy specializovaná šablona, aby se zabránilo nechtěným pootočením vlivem dotahování matic. Šablona je zároveň nasazena na falešné ose, čímž se velmi dobře vymezi poloha patek. Následně jsou patky dotaženy maticemi a to tak, aby byl znemožněn jejich pohyb. Pro snadnější manipulaci jsou použity kruhové matice se zářezy. Jejich dotažení se provádí pouze rukou.



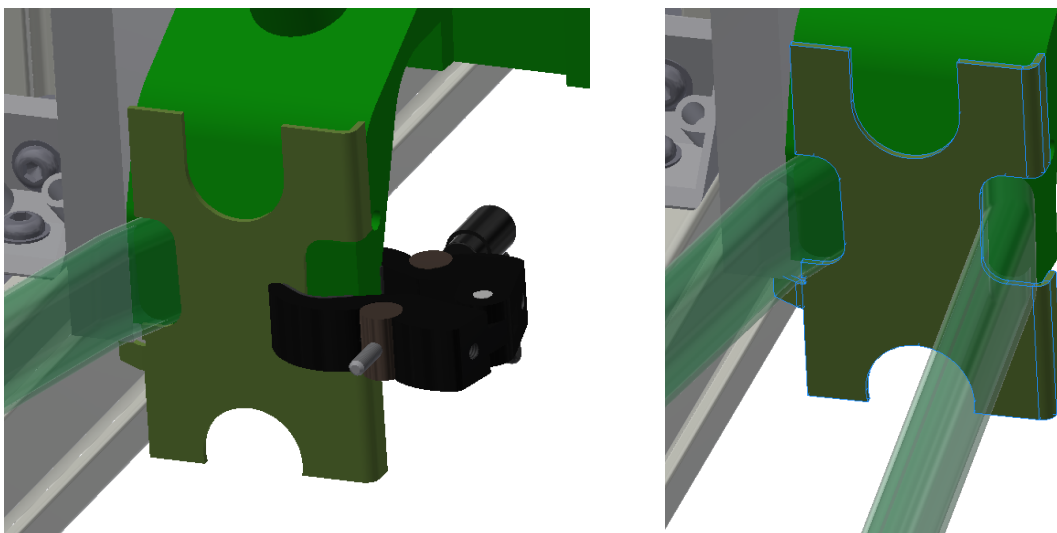
obr 4.16 – Upnutí zadních patek

Pro různé geometrie je potřeba umožnit posuv v horizontálním i vertikálním směru. Obojí zajišťuje použití hliníkových profilů s drážkou a použití kamenů, umístěných v těchto drážkách.

## 4.7. Řetězová vzpěra

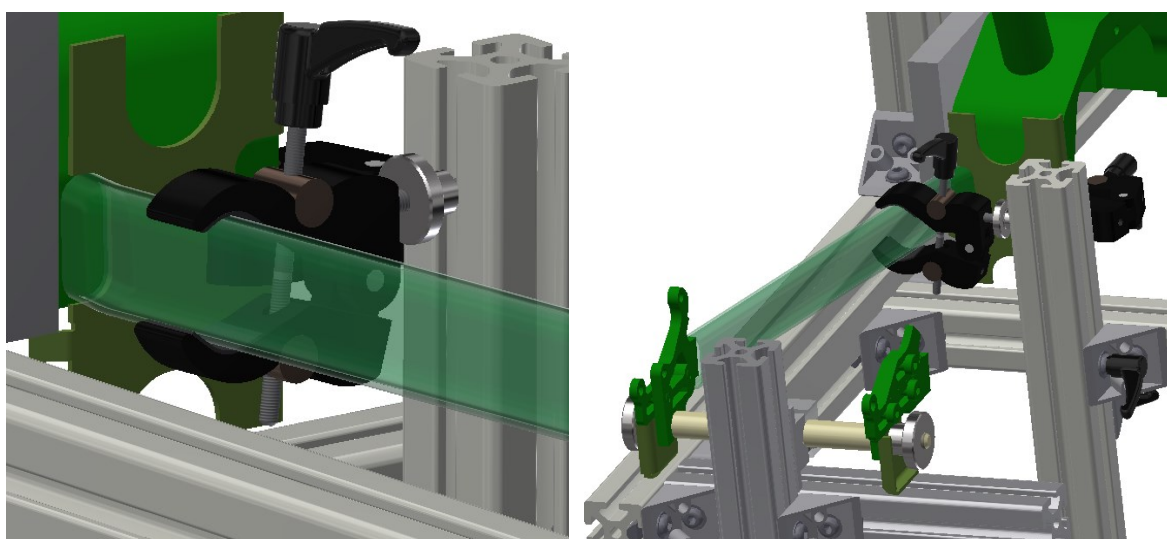
Ke správnému umístění na straně motoru je použita opět jednoduchá šablona z plechu. K jejímu přichycení nelze použít stejnou rychloupínací svěrku z důvodu nedostatku prostoru. V tomto případě je pro uchycení šablony použita univerzální svěrka. Šablona je přidržována svěrkou pouze při umísťování levé řetězové vzpěry. Pro umístění pravé řetězové vzpěry musí být odstraněna. Uchycení pravé vzpěry je tedy složitější a je potřeba šablonu držet na místě rukou.





obr 4.17 – Použití šablony na řetězové vzpěry

Na zadní patky bezprostředně navazují řetězové a sedlové vzpěry. V případě zadaného rámu jsou patky zasunuty do řetězové vzpěry a na straně patek není nutné tuto vzpěru dále zajišťovat. Na opačném konci slouží pro upnutí opět univerzální rameno s příslušným upínacím prvkem. I v tomto případě se dá velmi jednoduše použít stejná upínka jako v předešlých případech. Pro snadnější manipulaci je upnuta nejdříve jedna trubka a až po jejím navaření je umístěna druhá.



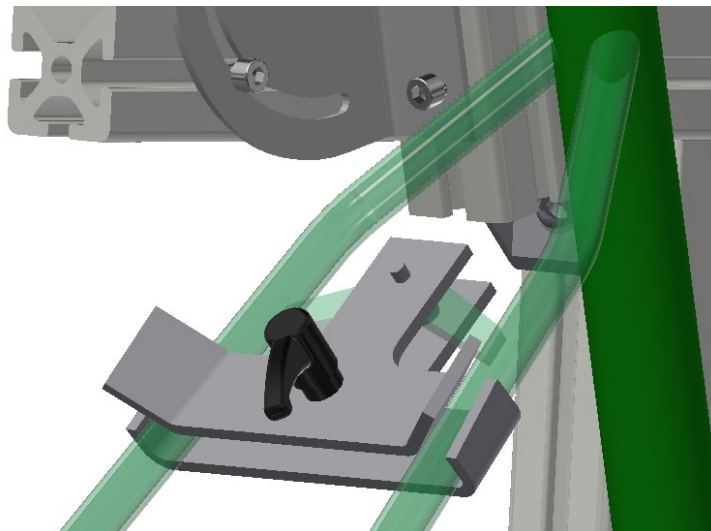
obr 4.18 – Upnutí řetězové vzpěry

## 4.8. Sedlová vzpěra

Na straně patek je sedlová vzpěra opět nasunuta a není potřeba ji zde dále vymezovat. Pro zajištění správného rozestupu mezi vzpěrami je použito dvou plechů. Jejich ohyb přesně odpovídá požadovaným rozměrům a dotažením plechů k sobě dojde k vymezení vůlí mezi plechy a trubkami. Před úplným dotažením je však potřeba umístit na spodní plech rozpěrku sedlových vzpěr a celou sestavu posunout co nejbližší k sedlové trubce (rozpěrka



tvorí v podstatě doraz). Rozpěrka je nasunuta na čep, který následně prochází i horním plechem, je tedy zajištěno správné natočení rozpěrky vůči vzpěrám. Spojení se sedlovou trubicou pak vznikne v místě, kde se sestava sedlových vzpěr a sedlové trubky dotýká. Celá sestava sedlových vzpěr s upínacím prvkem se v tomto místě pouze opře o sedlovou trubku a díky opracovaným koncům přesně lícuje.



obr 4.19 – Upnutí sedlových vzpěr

## 5. Finanční kalkulace

Kalkulace ceny je uvedena v příloze č. 1. Tabulka je rozdělena do několika částí podle jednotlivých celků. Cena je uváděna bez DPH. Součásti vyráběné na míru byly naceněny firmou Kovovýroba Milan Lanča, Ing.<sup>28</sup>, zabývající se kovovýrobou. Hlavní důraz byl kladen na použití sériově vyráběných dílů a co nejmenší podíl na míru vyráběných komponentů. Výslednou cenu se podařilo udržet v přijatelné hladině vzhledem k možnosti použití svařovacího rámu téměř pro jakýkoliv jiný rám než zadaný. Cenová kalkulace je platná k 13.5.2018.

**Cena celkem (bez DPH): 11 454,10 Kč**

## 6. Závěr

V průběhu konstrukčního návrhu byl kladen důraz na maximální použití nakupovaných dílů a snížení výrobních nákladů. Podařilo se dosáhnout poměrně nízké ceny při zachování velké variability celého přípravku. V přípravku je možné svařovat téměř jakýkoliv rám jízdního kola. Ať už jde o klasické rámy, rámy pro použití s elektromotorem nebo například dětské velikosti rámu. Zároveň je pro snadnější svařování zapracován mechanismus otáčení.

Celý mechanismus byl pevnostně zkontrolován a vyhovuje všem pevnostním podmínkám. Byla provedena kontrola samotného čepu a také souvisejících svarů. Pro úplnost byla zkontrolována i minimální délka svěrky a maximální zachycený moment.

Byly vypracovány dva výkresy, a to sestavný výkres a jeden výrobní výkres. Oba jsou přiloženy k této práci.

Všechny vytyčené cíle jsou tedy splněny.

# Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Patriku Sniehoffovi, Ph.D., za vedení, pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Romanu Čechákovi (kamaro frameworks) za cenné a praktické rady při počátku konstruování. Také bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za poskytnutý čas a podporu při vypracování této práce.

## 7. Literatura

1. MILSON, Fred. *Bike manuál: vše, co potřebujete vědět o svém kole*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2214-6.
2. BALLANTINE, Richard a Richard GRANT. *Opravy a údržba jízdních kol*. Praha: Cesty, 1995. ISBN 80-7181-036-3.
3. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 5. upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011, 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4.
4. MORAVEC, Vladimír; Jiří HAVLÍK. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005, 64 s. ISBN 80-248-0878-1.
5. Kalab K.: *Části a mechanismy strojů. Části spojovací*. PDF skripta VŠB-TU Ostrava, 2013, [www.lms.vsb.cz](http://www.lms.vsb.cz)
6. Součinitel tření. *E-konstruktor* [online]. 2013 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
7. Technical information. *Alprofil* [online]. 2013 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [http://www.alprofil.com/new/profiles\\_8\\_40\\_technical.htm](http://www.alprofil.com/new/profiles_8_40_technical.htm)
8. How is butted tubing made? *Reynolds* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.reynoldstechnology.biz/materials/how-buttet-tubing-is-made/>
9. Hliníková slitina 7020T6. *Duratec*. [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.duratec.cz/cs/techinfo/pouzivane-materialy/hlinikova-slitina-7020t6/>
10. Vybíráme kolo. *Kolo.cz* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://kolo.cz/clanek/jaky-ram-by-melo-mit-vase-kolo/kategorie/rady-vybirame-kolo>
11. Titanová alchymie. *Štěrbakola.cz* [online]. 2002 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.sterba-kola.cz/item/titanova-alchymie>
12. Journeyman Type 4. *Anvil Bikeworks* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.anvilbikes.com/portfolio-item/t4/>
13. Henry James universal jig. *Henry James Bicycles* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.henryjames.com/henry-james-universal-jig.html>
14. Axle standards explained. *Forums.mtbr.com* [online]. 2013 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://forums.mtbr.com/wheels-tires/axle-standards-explained-873910.html>
15. Bazar-zadní stavba. *Bike-forum.cz* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.bike-forum.cz/bazar/inzerat/16953-zadni-stavba-agang-ninja-dh-nova>
16. Ti fatbike welding. In: *Forum.mtbr.com* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://forums.mtbr.com/attachments/fat-bikes/1012814d1441239914-ti-fatbike-does-make-sense-bb-welds.jpg>

17. Tube butting. In: *Cdn.shopify* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0604/3445/files/tubing-butt1.jpg?3417>
18. Hydroforming of large grain niobium Tube. *ResearchGate* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/293545523\\_Hydroforming\\_of\\_large\\_grain\\_niobium\\_Tube](https://www.researchgate.net/publication/293545523_Hydroforming_of_large_grain_niobium_Tube)
19. Bicycle headset explained. *Bike-advisor* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://bike-advisor.com/bicycle-guides/full-guide-bicycle-headsets-explained.html>
20. 2011 Fox F29 32...Rebuild or Replace?. *Forums.mtbr.com* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://forums.mtbr.com/shocks-suspension/2011-fox-f29-32-rebuild-replace-1004952.html>
21. Bottom bracket shell and bottom bracket. *Mantel* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.mantel.com/blog/en/bottom-bracket-shells-and-bottom-brackets/>
22. Seatpost diameter sizes standards. *Bike Gremlin - Bicycles* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.bike.bikegremlin.com/2017/11/16/seat-post-diameter-sizes-standards/>
23. Sonder Broken Road Ti frame only. *Alpkit* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://www.alpkit.com/sonder/bikes/sonder-broken-road-ti-frame-only>
24. Homemade frame jig. *Chris Berkley* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://chrisberkley.com/blog/how-to-build-a-steel-mountain-bike-frame-in-your-parents-garage/>
25. The Simplest Bicycle Framebuilding Jig I Could Come Up With... *Instructables* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <http://www.instructables.com/id/The-simplest-bicycle-framebuilding-jig-i-could-com/>
26. Trek Factory Tour Part 2: Prototyping, Testing, and Product Development. *BIKERUMOR* [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://bikerumor.com/2013/03/12/trek-factory-tour-part-2-prototyping-testing-and-product-development/>
27. Pouzdro kluzné KU 2525. *Proprůmysl.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://proprumysl.cz/pouzdro-kluzne-ku-2525/>
28. Výpis z Registru ekonomických subjektů v ARES. *Info.mfcr.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [http://www.info.mfcr.cz/cgi-bin/ares/darv\\_res.cgi?ICO=12094595&odp=html&jazyk=cz&xml=true](http://www.info.mfcr.cz/cgi-bin/ares/darv_res.cgi?ICO=12094595&odp=html&jazyk=cz&xml=true)
29. Stavebnicové systémy a komponenty. *ASKMT* [online]. [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: <https://www.askmt.com/>

## 8. Seznam příloh

1. Finanční kalkulace
2. Sestavný výkres
3. Výrobní výkres součástí

# Příloha č. 1 – Finanční kalkulace

tab 4.1 – cena; kostra

| <b>KOSTRA</b>                   | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem            |
|---------------------------------|------------|----------|-------|------------------------|
| Profil 40x80                    | 83,50 Kč   | 100 mm   | 22,6  | 1 887,10 Kč            |
| Řez profilu 40x80               | 62,00 Kč   | 1ks      | 3     | 186,00 Kč              |
| Úhelník 40x40x40 vč. upev. sady | 101,00 Kč  | 1ks      | 4     | 404,00 Kč              |
|                                 |            |          |       | <b>Σ = 2 477,10 Kč</b> |

tab 4.2 – cena; otočný mechanismus

| <b>OTOČNÝ MECHANISMUS</b> | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem          |
|---------------------------|------------|----------|-------|----------------------|
| Tělo                      | 100,00 Kč  | 1ks      | 1     | 100,00 Kč            |
| Pouzdro Ocel-PTFE KU 2525 | 14,00 Kč   | 1ks      | 1     | 14,00 Kč             |
| Čep                       | 250,00 Kč  | 1ks      | 1     | 250,00 Kč            |
| Svěrka                    | 250,00 Kč  | 1ks      | 1     | 250,00 Kč            |
| Kámen                     | 22,00 Kč   | 1ks      | 4     | 88,00 Kč             |
| Páka                      | 150,00 Kč  | 1ks      | 1     | 150,00 Kč            |
| Pojistný kroužek          | 1,00 Kč    | 1ks      | 1     | 1,00 Kč              |
| Šrouby                    | 20,00 Kč   |          | 1     | 20,00 Kč             |
|                           |            |          |       | <b>Σ = 873,00 Kč</b> |

tab 4.3 – cena; střed

| <b>STŘED - MOTOR</b> | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem          |
|----------------------|------------|----------|-------|----------------------|
| Upínací deska        | 300,00 Kč  | 1ks      | 1     | 300,00 Kč            |
| Distanční podložka   | 100,00 Kč  | 1ks      | 1     | 100,00 Kč            |
| Kámen                | 22,00 Kč   | 1ks      | 2     | 44,00 Kč             |
| Šrouby               | 30,00 Kč   |          | 1     | 30,00 Kč             |
|                      |            |          |       | <b>Σ = 474,00 Kč</b> |



tab 4.4 – cena; hlavová trubka

| <b>HLAVOVÁ TRUBKA</b>    | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem            |
|--------------------------|------------|----------|-------|------------------------|
| Profil 40x40             | 52,00 Kč   | 100 mm   | 3,5   | 182,00 Kč              |
| Řez profilu 40x40        | 62,00 Kč   | 1ks      | 1     | 62,00 Kč               |
| Úhloměr                  | 50,00 Kč   | 1ks      | 1     | 50,00 Kč               |
| Úhelník                  | 50,00 Kč   | 1ks      | 2     | 100,00 Kč              |
| Kužel                    | 200,00 Kč  | 1ks      | 2     | 400,00 Kč              |
| Kámen                    | 22,00 Kč   | 1ks      | 4     | 88,00 Kč               |
| Kámen upravený           | 100,00 Kč  | 1ks      | 2     | 200,00 Kč              |
| Šrouby, matice, podložka | 30,00 Kč   |          | 1     | 30,00 Kč               |
|                          |            |          |       | <b>Σ = 1 112,00 Kč</b> |

tab 4.5 – cena; sedlová trubka

| <b>SEDLOVÁ TRUBKA</b>    | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem          |
|--------------------------|------------|----------|-------|----------------------|
| Profil 40x40             | 52,00 Kč   | 100 mm   | 3     | 156,00 Kč            |
| Řez profilu 40x40        | 62,00 Kč   | 1ks      | 1     | 62,00 Kč             |
| Úhloměr                  | 50,00 Kč   | 1ks      | 1     | 50,00 Kč             |
| Úhelník                  | 50,00 Kč   | 1ks      | 1     | 50,00 Kč             |
| Kužel                    | 150,00 Kč  | 1ks      | 1     | 150,00 Kč            |
| Kámen                    | 22,00 Kč   | 1ks      | 2     | 44,00 Kč             |
| Kámen upravený           | 100,00 Kč  | 1ks      | 2     | 200,00 Kč            |
| Šrouby, matice, podložka | 20,00 Kč   |          | 1     | 20,00 Kč             |
|                          |            |          |       | <b>Σ = 732,00 Kč</b> |

tab 4.6 – cena; zadní osa

| <b>ZADNÍ OSA</b>                | cena za j.  | jednotka | počet | cena celkem |
|---------------------------------|-------------|----------|-------|-------------|
| Profil 40x40                    | 52,00 Kč    | 100 mm   | 4     | 208,00 Kč   |
| Řez profilu 40x40               | 62,00 Kč    | 1ks      | 2     | 124,00 Kč   |
| Úhelník 40x40x40 vč. upev. sady | 101,00 Kč   | 1ks      | 4     | 404,00 Kč   |
| Tělo držáku                     | 1 000,00 Kč | 1ks      | 1     | 1 000,00 Kč |
| "Matice" držáku                 | 500,00 Kč   | 1ks      | 1     | 500,00 Kč   |
| Osa                             | 400,00 Kč   | 1ks      | 1     | 400,00 Kč   |
| Kámen                           | 22,00 Kč    | 1ks      | 2     | 44,00 Kč    |
| Šrouby, matice                  | 30,00 Kč    |          | 1     | 30,00 Kč    |
| <b>Σ = 2 710,00 Kč</b>          |             |          |       |             |

tab 4.7 – cena; univerzální rameno

| <b>UNIVERZÁLNÍ RAMENO</b> | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem |
|---------------------------|------------|----------|-------|-------------|
| Profil 40x40              | 52,00 Kč   | 100 mm   | 5,5   | 286,00 Kč   |
| Řez profilu 40x40         | 62,00 Kč   | 1ks      | 2     | 124,00 Kč   |
| Úhelník 40x40x40          | 76,00 Kč   | 1ks      | 4     | 304,00 Kč   |
| Páka                      | 150,00 Kč  | 1ks      | 3     | 450,00 Kč   |
| Kámen                     | 22,00 Kč   | 1ks      | 11    | 242,00 Kč   |
| Kámen upravený            | 100,00 Kč  | 1ks      | 1     | 100,00 Kč   |
| Šrouby                    | 20,00 Kč   |          | 1     | 20,00 Kč    |
| <b>Σ = 1 526,00 Kč</b>    |            |          |       |             |

tab 4.8 – cena; upínací prvky

| <b>UPÍNACÍ PRVKY</b>       | cena za j. | jednotka | počet | cena celkem |
|----------------------------|------------|----------|-------|-------------|
| Univerzální svěrka         | 450,00 Kč  | 1ks      | 2     | 900,00 Kč   |
| Rychloupínací svěrka       | 250,00 Kč  | 1ks      | 1     | 250,00 Kč   |
| Šablona – patky            | 50,00 Kč   | 1ks      | 2     | 100,00 Kč   |
| Šablona – sdružená         | 50,00 Kč   | 1ks      | 1     | 50,00 Kč    |
| sestava pro sedlové vzpěry | 250,00 Kč  | 1ks      | 1     | 250,00 Kč   |
| <b>Σ = 1 550,00 Kč</b>     |            |          |       |             |